

Živé ulice

- příručka k Bluegreengrey systémům

Verze 2.1

ed|ge

Vydal: *edge*

Datum vydání: 28. 9. 2022

Verze: 2.1

Text: Kent Fridell, Anna Thynell, Frida Bruhn, Johan Fors, Martin Vysoký *edge*

Překlad do českého jazyka: Kateřina Stará, Kristýna Cmíralová *K2N LANDSCAPE*

Korektura: Alena Klimešová

Ilustrace a grafické řešení: Martin Vysoký, Susanne Sixtensson, Mia Border *edge* a Barbora Lišková

Obrázky: *edge* (není-li uvedeno jinak)

Odpovědní editoři: Martin Vysoký, Kent Fridell *edge*

Skupina odborných poradců ve Švédsku: Örjan Stål *Viös*, Björn Embrén *Arbor Konsult*, Erik Simonsen *Cementa*, Erik Larsson *Město Malmö*

Skupina odborných poradců v ČR: David Hora, DiS; Ing. Květoslav Syrový; Ing. Vít Rous

Copyright ©2022 Všichni autoři a ilustrátoři

Autorem této příručky je společnost Edge a vznikla ve spolupráci s městskými samosprávami Uppsala, Malmö, Lund, Norrköping, Helsingborg, Nacka, Växjö a Karlskrona. Tento materiál smí být volně citován se správným uvedením zdroje. Ilustrace a fotografie mohou být používány s uvedením zdroje a autora.



Předmluva

V městském prostředí, kde je velká konkurence při využívání omezené plochy, byl narušen přirozený vodní cyklus. Dříve měly stromy dostatek místa pro rozvoj kořenů a dešťová voda k nim mohla pronikat skrz nenarušenou půdu. Naneštěstí desetiletí městského rozvoje mají za následek hustou zástavbu nad nepropustnými povrchy. V takovém prostředí chybí dostatečný prostor pro výsadbu i přirozené hospodaření s dešťovou vodou.

Ignorování podmínek, které jsou při plánování a tvorbě městského prostoru zásadní pro zdárný růst zeleně a pro hospodaření s dešťovou vodou, způsobuje řadu nákladných problémů. Zvýšené průtoky a záplavy stědává poškození suchem. Kořeny hledají lepší podmínky pro růst a dochází tím k poškození konstrukcí staveb. Pokračující zahušťování městské zástavby způsobuje nárůst povrchového odtoku a potřebu výměny a zkapacitnění stávající kanalizace. Důsledkem husté zástavby je i změna mikroklimatu města, zvýšené nároky na čištění vody i na lepší řešení kanalizačních odlehčení.

K řešení současných a budoucích problémů měst je zapotřebí budování chytré infrastruktury, která dokáže postihnout více problémů současně. Vytváření samostatných řešení pro jednotlivé funkce je nákladné a prostorově náročné. Kořenový prostor pro zeleň lze přitom spojit s nosnou funkcí zpevněných povrchů s jejich vlastními požadavky na provozní zatížení a bezpečnost a zároveň může sloužit k šetrnému hospodaření s dešťovou vodou. Tímto způsobem vzniká zelenější, atraktivnější městské prostředí, s nižším rizikem záplav a škod způsobených suchem. Jedná se o zásadní krok směrem k udržitelnějším městům, která budou lépe připravena na budoucí výzvy.

„Problémy nemůžeme nikdy vyřešit, dokud budeme uvažovat stejně, jako když jsme je vytvářeli.“

- Albert Einstein

Poděkování

Všichni, kdo tuto příručku vytvořili nebo k ní přispěli, by nesmírně rádi poděkovali obcím Uppsala, Norrköping, Växjö, Lund, Nacka, Helsingborg a Karlskrona, stejně jako městu Malmö, které přispělo finančně i konstruktivní zpětnou vazbou. Bez jejich značné podpory by se tato příručka nestala skutečností.

Rádi bychom rovněž vyjádřili poděkování naší skupině odborných poradců, jejímiž členy byli Örjan Stål (VIÖS), Eric Simonsen (Cementa), Erik Larsson (město Malmö) a Björn Embrén (Arbor Konsult). Poskytli nám své zkušenosti a názory týkající se obsahu příručky, její struktury i obrázků.

Děkujeme také městu Stockholm za to, že přispělo fotografiemi a sdílelo s námi své zkušenosti.

Závěrem bychom rádi poděkovali společnosti edge, která nás podpořila finančně, pracovními i zdroji, které byly pro dosažení konečného výsledku velmi důležité.

Společnost edge podpořila vydání této české verze příručky, za což jí patří poděkování dvojí.

Kent Fridell a Martin Vysoký

Obsah

1. Úvodem	6	6.1.4	Inženýrské sítě a výstavba	30	6.7.1	Uchycení rostlin	62
.....		6.1.5	Postup realizace	31	6.8	Výzvy	64
2. Slovník pojmů	8	6.2	Podzemní rýha s otevřeným podkladem	32	6.9	Dopady	66
2.1 Jak používat tuto příručku	9	6.2.1	Příležitosti k rozšíření podzemní rýhy	36		
.....		6.2.2	Zhutnění otevřené podkladní vrstvy	36	7. Dimenzování systému	70	
3. Výchozí situace	10	6.2.3	Realizace pásu podzemních rýh	36	7.1	Návrhový průtok	70
.....		6.2.4	Přerušení	38	7.2	Rychlost prázdnění	71
4. Funkce BGG systému	14	6.2.5	Regulace průtoku vody	38	7.3	Retenční objem	71
4.1 Dopravní zátěž	14	6.3	Konstrukce v úrovni terénu	43	7.3.1	Příklad výpočtu: retenční objem podzemní rýhy	71
4.2 Retence srážkové vody	15	6.3.1	Nepropustné zpevněné plochy (A)	44	7.3.2	Příklad výpočtu: retenční objem v průlehu	72
4.3 Prokořitelný prostor	16	6.3.2	Propustné zpevněné plochy (B)	44	7.4	Velikost prokořitelného prostoru	72
4.4 Čištění dešťové vody	16	6.3.3	Stromy ve zpevněné ploše (C)	46	7.4.1	Příklad výpočtu: prokořitelný prostor	72
.....		6.3.4	Průleh (D)	48	7.5	Účinnost čištění vody	72
5. Plánování a příprava projektu	18	6.3.4.1	Nátoky	49		
5.1 Požadavky a cíle	18	6.3.5	Zakrytý průleh	50	10. Odkazy a zdroje	88	
5.1.1 Rychlá analýza	18	6.3.6	Vegetační plochy (E)	52		
5.1.2 Příklad rychlé analýzy	19	6.4	Materiály	54			
5.2 Plán a program projektu	20	6.4.1	Hrubé drcené kamenivo v otevřené podkladní vrstvě	54			
5.3 Vedení projektu	21	6.4.2	Geotextilie	55			
5.4 Stručné metodické pokyny	22	6.4.3	Prokořitelný prostor	55			
5.5 Analýza srážkoodtokového procesu	24	6.4.3.1	Výsadbové substráty	55			
5.5.1 Požadavky na čištění a zadržování dešťové vody	25	6.4.3.2	Biouhel a jiné možnosti zlepšení vlastností výsadbového substrátu a čištění vody	56	1. Postupy stavby BGG systémů (ve švédštině)		
5.6 Geotechnické průzkumy	25	6.5	Zásady odvodňování	57			
5.7 Ochrana vedení technického vybavení	26	6.5.1	Vsak do horninového prostředí	57			
5.8 Koordinace a financování projektů	27	6.5.2	Odvodňování a regulovaný odtok	58			
.....		6.5.3	Akumulace srážkové vody	58			
6. Vypracování projektové dokumentace	28	6.6	Komponenty BGG systémů	58			
6.1 Než se započne se zpracováním projektové dokumentace	28	6.6.1	Regulační šachty	58			
6.1.1 Standardní prováděcí výkresy	28	6.6.2	Větrací šachty s přítokem dešťové vody	59			
6.1.2 Výkresy a dokladová část	29	6.6.3	Větrací šachty	59			
6.1.3 Výškové řešení	29	6.6.4	Umístění šachet	59			
		6.6.5	Vsakovací tunely	59			
		6.6.6	Filtry pro šachty	59			
		6.7	Výběr vegetace pro BGG systém	60			

Přílohy

1. Postupy stavby BGG systémů (ve švédštině)

1

Úvodem

Blue Green Grey neboli BGG systém (modrozelenošedý systém) je koncept, jehož cílem je integrace funkcí zahrnujících hospodaření s dešťovou vodou (blue), vegetaci (green) a zpevněné plochy (grey). Tato příručka slouží k představení systémů pro městské prostředí, kde modré, zelené a šedé funkce existují společně v rámci stejné plochy a objemu. BGG systémy, prezentované v této brožuře, řeší současně dopravní zatížení, odtok a znečištění dešťových vod, pomáhají zmírňovat důsledky klimatických změn a zároveň poskytují vegetaci dostatečně velký prokořenitelný prostor. Pomocí této technologie může i malá plocha zajistit několik funkcí záraz při nižších nákladech, než když jsou stejné funkce řešeny samostatně.

Předpoklady pro návrh a výstavbu BGG systému se liší v závislosti na tom, jaký typ městského prostředí je předmětem plánování. Například v příměstských oblastech jsou požadavky na hospodaření s dešťovou vodou, dopravu a zeleň odlišné než v městském centru, právě zde je však často největší potřeba budování multifunkční infrastruktury.

V zástavbě je BGG systém navrhován s ohledem na funkční požadavky, šířku ulic, stupeň provozu, podzemní sítě a další, tak aby byl zajištěn prostor pro podzemní rýhy a navazující konstrukce, které jsou součástí BGG systému. Objem srážek, které lze zadržet určuje často právě využitelný prostor, spíše než skutečná potřeba retence vody.

Tato příručka je určena všem, kteří plánují, budují a

Průleh, který je cenný z estetického hlediska a zároveň filtruje a zadržuje dešťovou vodu. Stranbogatan, město Uppsala.

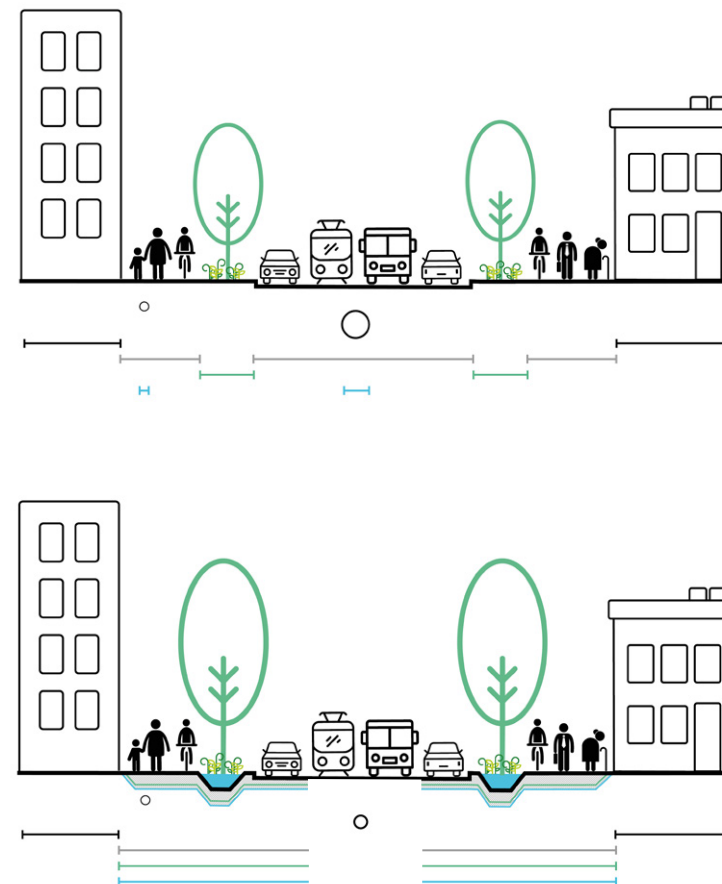
Foto: Rasmus Elleby

spravují urbánní prostředí, zejména projektantům a vedoucím projektů. Podrobná vysvětlení a konkrétní přístupy, které jsou zde uvedeny, mohou být použity v průběhu celého projektu uplatnění BGG systému. Důraz je kladen na plánování, dimenzování, výběr vhodných řešení a přípravu projektu. Součástí příručky jsou i doplňující přílohy (aktuálně pouze ve švédském jazyce) s praktickými radami pro výstavbu, provoz i údržbu, jakož i metodika provádění výkopových prací v rámci BGG systému. Na vyžádání jsou k dispozici technické výkresy systému a jeho jednotlivých konstrukcí, čímž jsou čtenářům příručky poskytnuty potřebné znalosti pro návrh a údržbu BGG systémů pro různé účely a oblasti v rámci měst.

BGG systém popsán v této příručce je vhodný pro městské prostředí s dopravním zatížením do kategorie zatížení V. V tomto druhu prostředí se hospodaření s dešťovou vodou zaměřuje především na uplatnění preventivních opatření související s retencí a čištěním dešťové vody. Nicméně, celý proces hospodaření s dešťovou vodou může obsahovat i další jednotlivé kroky (stupně) od preventivních opatření v rámci zastavěného území až po velké retenční nádrže před vypuštěním vody do recipientu.

Při tvorbě této příručky dochází k nepřetržitému rozvoji a nových zjištění, což může mít dopad na implementaci BGG systému. Proto bude příručka aktualizována, vždy, když se objeví nové poznatky či dojde ke změnám legislativního rámce. Nejnovější informace naleznete na našich webových stránkách www.bluegreengrey.edges.se.

Obr. 1. Nahoře: Ulice, kde jsou modré, zelené a šedé funkce řešeny samostatně. Dole: Stejná ulice po uplatnění BGG systému, který spojuje hospodaření s dešťovou vodou se zelení a zpevněnými plochami.



2 Slovník pojmů

Adsorpce nastává, když látka v roztoku přilne k povrchu materiálu nebo se na něm nachází v obohacené formě.

Anorganický šterkový mulč (ochranná vrstva) znamená povrchovou vrstvu šterku (drceného kameniva), která snižuje odpařování, erozi a šíření plevelu.

Běžné srážky znamenají jednoletý až dvouletý déšť a používají se často k dimenzování systému pro splnění nároku na čištění dešťové vody (dle švédských směrnic vycházejících ze Směrnice o vodách vydaných evropskou unií).

Biouhel je vysoce porézní materiál na bázi dřevěného uhlí, který se přidává do šterkového výsadbového substrátu a otevřené podkladní vrstvy pro zlepšení vlastností jako zadržování vody a živin. Biouhel může být nutričně obohacen tak, aby ve výsadbových substrátech sloužil jako zásobárna živin pro rostliny i půdní organismy.

Blue Green Grey neboli BGG systém (modrozelenošedý systém) je zastřešující termín pro různé typy konstrukcí a principy navrhování, využívající společný prostor pro hospodaření s dešťovou vodou, výsadbu a zpevněné plochy.

Cyklistická ulice – speciální typ ulice (v ČR též cyklistická zóna), kde cyklisté sdílejí stejný prostor s motorovými vozidly (se zákonem danou zvýšenou ohleduplností vůči cyklistům)

Distribuce zrnitosti je procentuální rozložení velikosti minerálních částic v půdě nebo v kamenivu. Často se uvádí formou tabulky nebo křivky distribuce zrnitosti, známé také jako křivka zrnitosti.

Dopravní zatížení kategorie 2 je založeno na ekvivalentním standardním zatížení na návrhovou nápravu (ESAL) o hodnotě 100 kN. V ČR to vychází na třídu dopravního zatížení- TDZ V (15- 100 těžkých nákladních vozidel / 24 hodin) dle TP170- Navrhování vozovek pozemních komunikací (tabulka 2).

Drcené kamenivo – částice kameniva frakce 0 až 250 mm.

Flexibilní zóna (Flex zone) – část ulice využívaná střídavě pro parkovací místa a plochy výsadby, která se často nachází mezi jízdními pruhy a oblastí s kombinovaným využitím pro pěší a cyklisty.

Frakce je v této příručce charakterizována bez specifikace měrné jednotky, znázorňuje rozsah velikosti v milimetrech (mm).

Geotextilie – propustná tkanina, která odděluje materiál a zabraňuje migraci drobných částic.

Hrubé drcené kamenivo (HDK) kamenivo nebo šterk v velikostech frakce 2 až 90 mm. Vyskytuje se v různém rozsahu frakcí, například 2–4, 8–16, 16–32, 16–90 a 32–90. Je to materiál, který se uplatňuje při stavbě otevřené podkladní vrstvy.

Infiltrace neboli vsak, je pohyb vody do substrátu.

Jemné částice jsou částice frakce menší než 2 mm.

Komponent – prvek, který je součástí konstrukcí – jde např. o šachty a jímký, geotextilie a vpusti.

Konstrukce pod zemní plání – část zemní stavby, která leží mezi podloží a plání.

Ložní vrstva – vrstva ležící mezi podkladní vrstvou a obrusným povrchem (dlažba, asfalt, atp.).

Obrusná vrstva – nejvyšší vrstva krytu vozovky (povrch). Do krytu vozovky se zahrnuje i ložní vrstva dlážděných povrchů (drt).

Otevřená podkladní vrstva je hlavní součástí skladby objektu podzemní rýhy. Tvoří ji hrubé drcené kamenivo (HDK) odpovídající zrnitostní křivce stanovené dle parametrů v AMA (tabulka AMA CE/1) a SS-EN 13242. Slouží jako nosná, retenční a prokořenitelná vrstva. Nese ostatní konstrukce, jež jsou na ní umístěny, jako zpevněné povrchy, průlehy, vegetační plochy atd. Volba velikosti frakce a volba dodatečné příměsi u vrstev otevřeného podkladu se odvíjí dle požadované převládající funkce vrstvy a jejího umístění v objektu podzemní rýhy s ohledem na konstrukci, jež je na ní postavena. Další informace naleznete v části 6.4.1.

Perkolace popisuje pohyb vody v substrátu.

Průleh (dešťový záhon) – je lehce zahlučený prostor s retenční zónou pro dočasné zaplavení dešťovou vodou. Další informace naleznete v části 6.3.4.

Příčná hrázka je malý val z nepropustného materiálu, který se nachází na dně podzemní rýhy. Zpomaluje stékání vody do nejnižšího bodu systému. Do hrázky lze pokládat kabelové přípojky.

Příčné přerušení znamená rozdělení podzemní rýhy do kratších sekcí. Přerušení může být řešeno např. formou velké příčné hráze nebo použitím dvojité geomembrány.

Přeliv nastane, když dešťová voda přeteče z již nasycené konstrukce do šachty nebo potrubí.

Přivalový déšť představuje úhrn srážek větší, než na který je systém dimenzován (návrhové srážky) nebo větší, než mohou zvládnout kanalizační systémy.

Plán – spodní úroveň podpovrchové konstrukce nebo půdního podloží, na němž je postaven svršek, jinými slovy úroveň horní plochy zemního tělesa na styku s dolní úrovní konstrukce komunikace.

Podloží je nedotčená vrstva půdy pod plání.

Podzemní rýha s otevřeným podkladem je podzemní těleso jež se skládá z jedné nebo více vrstev otevřeného podkladu.

Prokořenitelný prostor – objem prostoru, v němž se předpokládá

růst kořenů.

Propustný povrch (propustná krytová vrstva) – vrchní část konstrukce s vysokou schopností infiltrace a následně umožňující perkolaci. Další informace naleznete v části 6.3.2.

Retenční zóna – povrchová část průlehu, která slouží k zadržení dešťové vody.

Směrodatný (návrhový) déšť udává množství srážek a používá se k technickému návrhu objektů na základě průtoku, čištění a retenčního objemu podle publikace Švédské asociace pro vodu a odpadní vody č. P110. (v českém prostředí vychází z normy ČSN 756101 a pojmu “směrodatný déšť”, který se udává v litrech/s. ha a v dané periodicitě. Norma udává, že pro obytná území se používá jako směrodatný déšť dvouletý a pro městská centra pětiletý déšť.)

Srážková voda je voda, která pochází ze srážek, včetně tajícího sněhu a ledu.

Sekce – označuje část podzemní rýhy mezi dvěma přerušeními.

Strom ve zpevněné ploše – zahrnuje soubor opatření zajišťující prokořenitelný prostor v místech nevhodných pro výsadbu stromů (ve zpevněných plochách). Další informace naleznete v části 6.3.3.

Šachty – v této příručce je popsáno několik typů šachet nebo jímek, a to:

– **regulační šachta** slouží pro regulaci odtoku dešťové

vody v rámci BGG systému. Funguje jako dešťový přepad a napomáhá výměně plynů.

– **suchá větrací šachta** napomáhá výměně plynů mezi prokořenitelným prostorem pod zpevněnými plochami a atmosférou. Větrací šachta je obvykle asi 1 m hluboká a je přímo napojena na otevřený podklad.

– **větrací šachta s přítokem dešťové vody** je typ větrací šachty, do které je směrována dešťová voda. Tuto šachtu lze napojit například na rozvodné potrubí nebo na vsakovací tunel.

Šterkové výsadbové substráty – substráty na bázi šterku nebo i písku připravené pro splnění specifických fyzikálních požadavků, např. propustnosti. Při míchání lze přidat materiál zlepšující substrát, např. biouhel, kompost nebo pemzu.

Vegetační plocha – jedná se o záhon, ve kterém roste vegetace. Smyslem této plochy není do ní vést vodu (jak v případě průlehu). Voda naopak vteče skrze vpust do podzemní rýhy, která je pod záhonem. Vegetace tak má přímý přístup k vodě. Další informace naleznete v části 6.6.3.

Vtok je zde souhrnem všech prvků, které směřují vodu do průlehu.

Vyrovňovací (separační) vrstva je vrstva drceného kameniva péchovaná do otevřeného podkladu pro vytvoření rovného povrchu. Příklad: drcené kamenivo frakce 8–11 mm.

2.1 Jak používat tuto příručku

Pro důkladné zpracování projektu a pro realizaci BGG systému se doporučuje prostudování všech kapitol.

Ti, kdo jsou se systémem již obeznámeni a budou pracovat ve fázi přípravy projektu, mohou začít kapitolou 5.

Ti, kdo jsou se systémem již obeznámeni a budou po provedení analýzy srážkoodtokového procesu a přípravné fáze pracovat na projektování systému, mohou začít kapitolou 6.

V této příručce odkazujeme na různé publikace a předpokládáme, že informace v nich obsažené zde není třeba opakovat. Další informace naleznete v seznamu zdrojů (Odkazy a zdroje).

*Průleh oddělující silnici a cyklostezku.
Norrevångsgatan, Vellinge.*



3 Výchozí situace

Prostředí našich měst prochází dlouhodobým vývojem. Od chvíle, kdy se ve městech objevily automobily, se dramaticky zvyšuje i potřeba parkování. Prostor je třeba i pro udržitelnější způsoby dopravy, součástí ulice musí být i chodníky a cyklostezky. Přitom je nutné zajistit bezpečnost provozu a odpovídající vlastnosti zatížení při zachování nízké úrovně údržby. Málo místa je i pod povrchem, kde je nutná koexistence všech možných vedení technické infrastruktury od vodovodů a kanalizačního potrubí až po elektrické vedení a optické kabely. Je zjevné, že v takových podmínkách je těžké nalézt prostor pro vegetaci a přirozené nakládání se srážkovou vodou.

Důsledkem současných klimatických trendů jsou delší období sucha, vyšší teploty a intenzivnější deště, což znamená, že města musí být schopna zvládnout nárůst odtoku dešťové vody. Se zvýšeným odtokem vody za přívalového deště se naše běžné kanalizační systémy nejsou vždy schopny vypořádat a zvyšuje se tak riziko zatopení a znečištění vody. Důsledky těchto skutečností jsou závažné a nákladné jak pro společnost, tak pro jednotlivce.

Velké výkyvy v dostupnosti vody ztěžují život městské zeleni. Pokud je období nedostatku vláh vystřídáno intenzivními srážkami, dostává se dešťová voda do kanalizace dříve, než rostliny mohou požadované množství vody využít. Kromě toho mohou ve ztuhnutém kořenovém prostoru a pod nepropustnými povrchovými konstrukcemi nastat problémy s výměnou plynů. Stromy pak nevytvářejí hluboký a jemně rozvětvený kořenový systém, ale spíše objemnější povrchové kořeny, které prorůstají do prostoru s lepším přístupem ke kyslíku, vláze a živinám. Kořeny tak poškozují zpevněné plochy a narušují potrubní systémy.



▲ Zaplavení městského prostoru, kde jsou využity konvenční konstrukce zpevněných ploch a systémy odvádění dešťových vod. Folkets park, Malmö.



▲ Poškození dlažby způsobené kořeny v důsledku nedostatečného prokořenitelného prostoru a výměny plynů.



▲ Strom, jenž je vystaven stresu v důsledku sucha. Brno, Česká republika. Foto: NEXT INSTITUTE

V posledním desetiletí se pro přípravu prokořenitelného prostoru stále více používají substráty tvořené kamenivem s nízkým množstvím jílovité složky, smíšené s biouhlem a kompostem. Tato technologie se inspirovala výzkumem kořenů stromů, kterým se dařilo v kamenné drti bez jemného materiálu v příkopech a náspech. Inspirací byl i výzkum extrémně úrodné půdy v Amazonii s obsahem vysokého množství zuhelnatělé organické hmoty. Drcené kamenivo s nízkým množstvím jemné složky je pro tyto účely velmi vhodné, protože vytváří příznivé podmínky pro výměnu plynů a vysokou propustnost pro vodu, aniž by hrozilo přemokření. Svou propustnost si navíc udržuje i přes hrubou manipulaci při současných stavebních postupech. Za těchto podmínek dochází u rostlin k rozvoji zdravého a jemně rozvětveného kořenového systému, který dává základ pěkné a odolné vegetaci a lepšímu čištění vody. Poréznost a propustnost materiálu je zachována i po zhutnění, což umožňuje splnit požadavky na zátěž z dopravy. Díky vyplnění prokořenitelného prostoru hrubým drceným kamenivem vzniká tzv. podzemní rýha s otevřeným podkladem, jež má schopnost nést zepvněné povrchy a zároveň dokáže pracovat s retencí dešťové vody, čímž může BGG systém přispět k optimálnímu využití prostoru v našich městech.

Klíčem k vybudování BGG systému je vytvoření podkladní vrstvy s vysokou pórovitostí a dobrými nosnými vlastnostmi a její začlenění do nového systému regulace dešťové vody.

Podzemní rýha s otevřeným podkladem je napojena na další konstrukce na úrovni terénu, které mohou splnit

BGG systém přispívá k lepšímu hospodaření s dešťovou vodou díky:

- zpomalení odtoku (retenci) dešťových vod
- redukcí rizika povodní
- sníženému zatížení kanalizačních systémů
- čištění dešťové vody

BGG systém zlepšuje podmínky pro zeleň díky:

- vytváření velkoobjemového prokořenitelného prostoru pro výsadbu
- umožnění výměny plynů v prokořenitelném prostoru
- zlepšení přístupu k vodě
- vytváření zdravého prostředí s vysokou biologickou aktivitou a symbiózou

Díky BGG systému navíc dochází:

- k tvorbě esteticky příjemného a atraktivního městského prostředí
- snížení teploty v ulicích měst a tím i spotřeby energie klimatizací
- k využití odtoku dešťové vody a šedé vody pro závlahu rostlin
- k doplňování zásob podzemní vody
- k ukládání uhlíku

Pokládka otevřeného podkladu s biouhlem fungující jako prokořenitelný prostor pro výsadbu i pro retenci dešťové vody. Stockholm.



požadavky městského prostředí na zeleň, čištění vody nebo kapacitu pro parkovací místa. Výsledkem je systém, který čistí a zadržuje dešťovou vodu, podporuje udržitelný růst vegetace a současně umožňuje dopravní zatížení a flexibilní technické řešení. Díky BGG systému dochází ke změně vnímání dešťové vody, která se místo problému stává zdrojem, prostředí města se stává příjemnějším a zároveň se zvyšuje jeho ekologická hodnota.

Návrh BGG systému lze provádět mnoha různými způsoby. V příkladech, které jsou uvedeny na následujících obrázcích byly všechny konstrukce vybudovány na otevřeném podkladu. Ten funguje jako zásobník dešťové vody, prokořenitelný prostor pro výsadbu a zároveň splňuje potřebu požadavků na dopravní zatížení. Tyto návrhy vycházely ze specifických požadavků a funkčnosti jednotlivých prostorů, ale i z potřeby čištění a retence dešťové vody.

Za touto příručkou stojí roky výzkumu a praktického testování v oblasti výsadby a hospodaření se srážkovými vodami, přičemž hlavním cílem bylo vytvoření udržitelnějšího hospodaření s dešťovou vodou převážně v prostředí měst. První integraci dešťové vody a zelených ploch inicioval ve Švédsku během 90. let Peter Stahre. Někdy v této době začala Švédská asociace pro vodu financovat projekty aplikovaného výzkumu, např. výzkum kořenů stromů a systémů odvodnění. Město Stockholm zveřejnilo v roce 2009 první verzi své publikace "Výsadba stromů ve Stockholmu – příručka". Tato příručka spolu se dvěma výzkumnými studii (2015 a 2017) z projektu Vinnova a projekt **Opatření pro zabezpečení klimatické odolnosti měst** podpořil další rozvoj BGG systémů ve Švédsku. Příručka, kterou čtenáři předkládáme, představuje aktuální stav vývoje a poznání v této oblasti.



▲ *Propustná dlažba a vegetační plocha nad pásem podzemní rýhy s otevřeným podkladem. Univerzitní areál Vellinge.*



▲ *Vegetační plochy nad pásem podzemní rýhy s otevřeným podkladem. Eksättravägen, Stockholm.*



▲ *Úzké a mělké průlehy nad pásem podzemní rýhy s otevřeným podkladem spolu s jízdním pruhem pro cyklisty a chodníkem pro pěší. Perstorpsgatan, Vellinge.*



▲ *Parkovací místa, průlehy nad pásem podzemní rýhy s otevřeným podkladem. Ängelholmsgatan, Malmö.*



▲ Samostatné vegetační plochy nad podzemní rýhou s otevřeným podkladem, Växjö



▲ Průleh a zpevněné plochy nad pásem podzemní rýhy s otevřeným podkladem. Univerzitní areál Vellinge.



▲ Samostatné průlehy nad podzemní rýhou s otevřeným podkladem. Rundelsgatan, Vellinge.



▲ Parkoviště pro kola s propustnou dlažbou nad podzemní rýhou s otevřeným podkladem, která plní funkci podzemní retenční nádrže pro dešťovou vodu a prokořenitelného prostoru pro zeleň. Södervärn, Malmö.



▲ Stromy ve zpevněné ploše nad pásem podzemní rýhy s otevřeným podkladem. Liedbergsgatan, Växjö.

4 Funkce BGG systému

V této kapitole je uveden přehled funkcí BGG systému. Systém lze flexibilně navrhovat a dimenzovat, může být tudíž uzpůsoben na daný stupeň využití dle požadavků konkrétního místa.

4.1 Dopravní zátěž

BGG systémy mají schopnost retence a čištění dešťové vody a zároveň fungují jako prokořenitelný prostor. To, co činí systém zvláště užitečným, je zejména fakt, že dokáže zajistit všechny tyto funkce a přitom dokáže splnit současné požadavky na dopravní intenzitu a únosnost povrchu. Díky tomu lze vytvořit multifunkční prostor, o který se dělí chodci, cyklisté i motorová vozidla.

Tato příručka popisuje konstrukce testované až do kategorie třídy dopravního zatížení 2 (TDZ V). V rámci projektu "Řešení pro klimaticky odolná města", podpořeném ve švédském programu Vinnova, byly provedeny a vyhodnoceny studie zatížení souvrství suchých i satureovaných vodou.

Vysvětlení obr. 2 viz také část 6.2 obr. 11–14, str. 32–35.



Obr. 2. Příklad městské ulice s BGG systémem umístěným ve flexibilní zóně (podélný pás mezi chodníkem a komunikací s kombinovanými funkcemi využití). Modrá oblast znázorňuje pás podzemní rýhy s otevřeným podkladem. Rýha se nachází podél celé ulice. Střídají se zde zpevněné povrchy, průlehy a prostor se zelení a stromy. Touto cestou lze s dešťovou vodou nakládat různými způsoby při současném zachování flexibility při navrhování ulice.

4.2 Retence srážkové vody

Otevřená podkladní vrstva v BGG systému obsahuje kamenivo zbavené menších frakcí. Po prosetí vznikají póry, jimiž může proudit voda i vzduch. Tyto dutiny dávají materiálu poréznost 30–40 %, což umožňuje zadržení až 400 litrů vody na metr krychlový otevřené podkladní vrstvy. Jelikož jsou póry větší než u standardních konstrukčních vrstev vozovek, disponují BGG systémy vysokou hydraulickou vodivostí pro proudění vody a výměnu plynů. Díky tomu je zde možnost regulace proudění vody v systému a její vypouštění do jednotné či dešťové kanalizace regulovaným způsobem. Kromě retence vody v podzemní rýze lze systém kombinovat s průlehy, kde lze dešťovou vodu zadržet v povrchových retenčních zónách.

BGG systémy jsou navrhovány a dimenzovány rozdílně v závislosti na předpokládaném objemu srážkové vody, avšak princip podzemní rýhy je založen na tradičním využití tohoto objektu pro retenci vody. Regulace systému je flexibilní: mezi variantami je schopnost zvládnout běžný déšť (jednoletý až dvouletý déšť), deště silné (pro desetiletý až třicetiletý déšť) či extrémní přívalový déšť. Dešťová voda se do podzemní rýhy dostává skrze uliční vpustě, vpustě s regulační šachtou, propustnou dlažbou či přítoky do průlehu. Při mírnějších srážkách je mimo retenci umožněno i čištění dešťové vody.

Pokud čištění dešťové vody není určujícím faktorem systému, lze dešťovou vodu z menších srážek směřovat přímo do kanalizačního potrubí a retenční kapacita BGG systému tak zůstane volná pro případ přívalového deště. Díky tomu je BGG systém schopen retenovat silné srážky, pro něž běžná kanalizace nemá kapacitu, a tudíž se lze vyhnout jejímu přehlcení. Systémy dimenzované na větší návrhové srážky jsou zaměřeny hlavně na retenci vody.

Pokud je do podzemní rýhy umožněn nátok vody z konstrukcí nad ní, lze zvládnout jak čištění menších srážek, tak i zadržení větších srážek, v závislosti na tom, jak regulace vody v systému je koncipována.

Pokud jsou součástí BGG systému vegetační prvky, lze k jejich závlaze použít vodu i z jiných zdrojů (šedá voda, odtok ze střech a drenážní voda z okolních budov). Tím se pro zeleň a mikroorganismy vytváří lepší podmínky a to při zachování nižšího zatížení kanalizace. Šedou vodu (vodu ze sprch a prádeln domácností) lze k závlaze použít, pokud prošla patřičným předčištěním. Díky tomu zeleň získá dostatečný přístup k vodě, a to i v obdobích s mírnými srážkami či beze srážek. Zmírňuje se také zatížení kanalizačních systémů a k závlaze není nutné používat pitnou vodu. Více informací o návrhu BGG systémů viz kapitola 6.

Pokud je do BGG systémů směřován odtok ze střech a ostatních zpevněných povrchů a šedá voda, je třeba vzít v úvahu odpovědnost s jejich nakládáním vyplývající ze zákona. Odvádění a vypouštění šedé vody zpravidla vyžaduje povolení od místních úřadů, které dohlíží na příslušné předpisy v oblasti ochrany životního prostředí.

*Průleh, který zadržuje a čistí dešťovou vodu během dešťových přeháněk
Monbijougatan, Malmö* ▶





◀ Vegetační plocha na ulici Strandbogatan, Uppsala

4.3 Vegetace

Zelené části rostlin využívají oxid uhličitý a vodu k fotosyntéze, díky které dochází ke vzniku glukózy a kyslíku. Pod zemí probíhá respirace (dýchání) – proces, který je téměř opakem fotosyntézy. Kořeny spotřebovávají kyslík a glukózu a produkují oxid uhličitý. Jakmile je hladina oxidu uhličitého příliš vysoká, kořeny pracují méně efektivně a růst rostliny se zpomaluje. Hypoxie, tedy stav, kdy rostliny nemají dostatek kyslíku, poškozuje rostliny mnohem rychleji než sucho. Z tohoto důvodu je nesmírně důležitá správná funkčnost výměny plynů v půdě. Prokořenitelný prostor výsadeb ve městech však tradičně bývá velmi ztuhnutý, a k výměně plynů a vsakování vody tudíž dochází jen v malé míře.

Při zohlednění potřeb kořenového systému vytváříme podmínky pro zdárný růst rostlin a podporujeme bohatý výskyt prospěšných mikroorganismů ve městech.

Díky většímu prokořenitelnému prostoru mohou koruny stromů i v městských ulicích dosáhnout větších velikostí. To má výrazný dopad na zpříjemnění mikroklimatu (míru plnění tzv. ekosystémových služeb), neboť velké a husté koruny stromů přispívají k ochlazení a zvlhčení okolního vzduchu. Déšť navíc ulpívá na listech stromů, a velká část této vody se odpaří, aniž by dopadla na zem. Tento proces, nazývaný intercepce, má nezanedbatelný vliv na hydrologickou bilanci, a můžeme o něm hovořit jako o jedné z metod zadržování dešťové vody. Interceptci zažil každý, kdo se někdy před deštěm ukryl pod velký strom. Prosperující zeleň přináší lidem i klimatu další výhody: vyšší poměr vegetace ve městech vede ke snížení intenzity větru, nižším teplotám a bohatší škále živočichů, nemluvě o mnohem příjemnějším pobytu v ulicích.

4.4 Čištění dešťové vody

Dešťová voda se v BGG systému čistí hned několika způsoby. Částice unášené vodou se shromažďují v sedimentčních vanách, vsakovacích tunelech a v podzemní rýze. Se snižující se rychlostí průtoku klesají částice snáze ke dnu v procesu zvaném sedimentace. Při filtraci vody skrz substrát v průlehu a otevřenými podkladními vrstvami v podzemní rýze dochází k zachytávání menších částic (též možné nazývat zemní filtr).

Pro zlepšení účinnosti podzemní rýhy s otevřeným podkladem a průlehu coby čistícího zařízení se do směsi přidává biouhel, pemza a kompost. Porézní struktura, velká povrchová plocha a chemické vlastnosti těchto materiálů jsou přínosné jak pro vegetaci, tak pro mikroorganismy. Mají schopnost zadržovat vodu i živiny. Živiny i nečistoty z dešťové vody se mohou do jisté míry navázat na biouhel a nemusí v plné míře docházet k jejich odtoku. Když dojde ke zlepšení podmínek, je symbióza ještě účinnější: rostliny dodávají mikroorganismům glukózu a na oplátku mikroorganismy rostlinám pomáhají vstřebávat živiny a vodu. Mikroorganismy jsou dokonce schopny rozložit část škodlivin a přispět tak k čištění vody. Tímto způsobem lze do určité míry napodobit čištění vody, k němuž přirozeně dochází v půdě a vodních tocích, a vede ke zlepšení zdravotního stavu vegetace.

Pokud chceme zbavit vodu složitých organických znečišťujících látek, ve spodní části BGG systému, respektive podzemní rýhy, lze vytvořit zónu, v níž voda zůstane po delší dobu stát. Vzniklé anaerobní podmínky napomáhají růstu bakterií, které mají schopnost rozkládat znečišťující látky na látky jednodušší a méně škodlivé. Anaerobními podmínkami lze dokonce podporovat i bakterie, které sloučeniny dusíku přetvářejí na plyný dusík. Tento proces se nazývá denitrifikace a snižuje množství živin v dešťové vodě, což má vliv na následnou redukci nadměrného obsahu živin (eutrofizace).



Rundelsgatan ve Vellinge před výstavbou BGG systému.

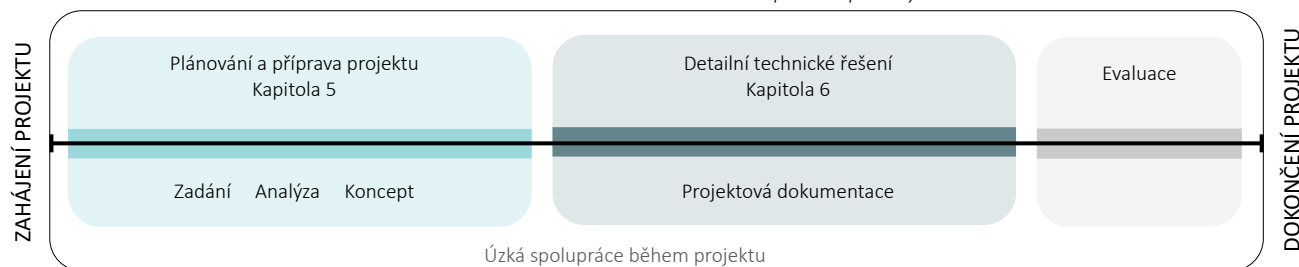


Rundelsgatan ve Vellinge po realizaci BGG systému a průlehů.

5 Plánování a příprava projektu

V této kapitole jsou popsány přípravné práce a analýzy potřebné k vytvoření výchozího podkladu pro tvorbu BGG systému. Tyto kroky jsou nezbytné pro následné vypracování projektové dokumentace k systému, který je efektivní a tedy odpovídá nárokům a potřebám pro daný prostor. I v případě, že v rámci prováděcí dokumentace navazujete na již ukončenou studii BGG systému jiného projektanta, může být vhodné si tuto kapitolu prostudovat a ujistit se, že byly všechny kroky dokončeny na požadované úrovni.

Obr. 3. Schematický harmonogram projektu s průvodními kapitolami příručky



5.1 Požadavky a cíle

Pro fungující BGG systém je podmínkou jak fyzický prostor, tak i dobře zpracovaný projekt. Základní požadavky na systém a velikost dostupného prostoru jsou ovlivněny umístěním v rámci města, zdali je systém uplatněn v centru nebo na předměstí. Na řešení projektu má vliv i to, zda je systém realizován v oblastech, kde probíhá nová výstavba, nebo se jedná o rekonstrukci ve stávající městské zástavbě.

BGG systémy lze koncipovat různými způsoby v závislosti na účelu jejich zřízení. Systémy, které jsou uzpůsobené pro dosažení efektivního hospodaření s dešťovou vodou při větším množství srážek, se dimenzují jinak než systémy, které se zaměřují na zdárný růst vegetace a čištění menšího množství srážek.

Pro řešení BGG systému je důležitý způsob využití ulice. Chodníky pro pěší, jízdní pruhy pro cyklisty, obytné čtvrti, sběrné komunikace či rychlostní komunikace vyžadují různá dopravní zatížení a uspořádání ulic. Velikost odvodňovaných ploch (povodí) určuje, jaký systém je třeba zřídit. Dále je nutné vzít v úvahu prokořenitelné prostory pro zeleň, zóny pro pokládky sítí technického vybavení, parkovací místa, sloupy veřejného osvětlení a další.

Principy BGG systému jsou postaveny na gravitaci, a

tudíž musí fungovat ve spojení se sklonem pláně a odvodňované oblasti. Příliš vysoká sklonitost realizaci omezuje, neboť zde dochází k rychlejšímu průtoku vody, který lze obtížně regulovat a adaptovat. Strmé svahy znamenají v případě podzemních rezervoárů na dešťovou vodu sníženou kapacitu retence vody, jelikož hladina vody zůstává vodorovná a nemůže se svažovat spolu s rýhou. U sklonů nad cca 5 % jsou nutná zvláštní řešení, např. oddělené prvky systému BGG, které nespádají do rámce této příručky.

Systém popsáný v této příručce by neměl být vystaven většímu dopravnímu zatížení, než je kategorie zatížení 2 (V ČR odpovídá třídě dopravního zatížení - TDZ V). U komunikací vyžadujících větší zatížení lze systém realizovat pod flexibilními zónami, plochami pro výsadbu nebo pod chodníky a cyklostezkami.

5.1.1 Rychlá analýza

Před plánováním a přípravou projektu je třeba provést rychlou analýzu pro kontrolu, že jsou splněny všechny předpoklady pro BGG systém. Může se stát, že v raných fázích projektu není možné určit všechny nezbytné požadavky a potřebné specifické prvky projektu. Při formulování racionálních předpokladů pro určení proveditelnosti BGG systému si však lze pomoci rychlou analýzou. Pokud v této fázi některé nezbytné údaje chybí, je dobré s nimi začít v následující fázi projektu.

Je problematické prezentovat pouze jeden přístup k provedení rychlé analýzy, protože je přitom nutné zohlednit faktory, jako rámec projektu, individuální zkušenosti a dostupné informace o lokalitě a konkrétním projektu. Proto uvádíme dva způsoby, jak rychlou analýzu provést. První možností je použití „Stručných pokynů“, které jsou uvedeny v kapitole 5.4 na straně 22 této příručky. Druhý způsob je popsán níže na straně 19.

5.1.2 Příklad rychlé analýzy

Sklon:

Otázka: Je sklon $> 5\%$ nebo $< 5\%$?

Odpověď: $> 5\%$, podzemní rýha vyžaduje speciální konstrukci, alternativně lze vytvořit samostatná řešení.

Odpověď: $< 5\%$, lze umístit souvislý pás podzemní rýhy.

Dostupný prostor - šířka:

Otázka: Je k dispozici minimální šířka využitelného prostoru pro podzemní rýhu sloužící jako prokořenitelný prostor, tj. $> 2\text{ m}$ pro obecně nižší nároky (def. níže) a $> 2,5\text{ m}$ pro obecně vyšší nároky (def. níže)?

Odpověď: Pokud není možné zajistit výše uvedená minima, nejsou splněny požadavky potřebné k vybudování BGG systému.

Hranice nejnižšího stavu a odtokových bodů:

Otázka: Je již k dispozici napojení na kanalizaci či odtokové body v těsné návaznosti na plánovanou plochu podzemní rýhy?

Odpověď: Pokud v bezprostřední blízkosti oblasti nejsou k dispozici využitelná povodí, úžlabí a odtokové body, nelze zpravidla BGG systém zřídit.

Nároky na systém:

Otázka: Jaké jsou celkové nároky, jako je např. retence vody, čištění, nosnost, estetika a nároky na prokořenitelný prostor? Jsou nároky na systém obecně vyšší nebo nižší?

Odpověď: Při posuzování prostoru postupujte podle odpovídajících nároků.

Dostupný prostor - hloubka:

Otázka: Je k dispozici minimální využitelná hloubka pro umístění podzemní rýhy odpovídající $> 1,2\text{ m}$ pro vyšší nároky a $> 0,8\text{ m}$ pro nižší nároky?

Odpověď: Pokud nejsou splněny výše uvedené požadavky na hloubku, nelze BGG systém zřídit.

Stávající stromy:

Otázka: Nachází se již v řešeném území plánovaném pro vybudování BGG systému stávající stromy, které by měly být zachovány?

Odpověď: Pokud je záměr stávající stromy zachovat, lze umístit BGG systém tak, aby okolo nich mohla proudit voda?

Obecně vyšší nároky (V)

Retence: Schopnost pojmout minimálně návrhový desetiletý až třicetiletý déšť.

Čištění: Obecná úroveň čištění 70–80%.

Nosnost: Třída zatížení nejméně 2 (TDZ V) nebo 100 kN.

Vlastnosti prokořenitelného prostoru pro výsadbu: Větší schopnost zadržovat vodu a živiny. Větší objem půdy. Vyšší nároky na vitalitu rostlin.

Estetika: Například: žulové obrubníky, keře a trvalky jako podrost.

Provoz a údržba: Vyšší úroveň jistoty, že nedojde k provozním poruchám, přísnější požadavky na komponenty v šachtách a vpustích. Vrstvu mulče (neorganické povahy) lze aplikovat na všechny plochy výsadby.

Obecně nižší nároky (N)

Retence: Schopnost zvládnout čištění u minimálních návrhových srážek. Schopnost pojmout jednoletý až dvouletý návrhový déšť.

Čištění: Obecná úroveň čištění 40–50%.

Nosnost: Až do třídy zatížení 2 (odpovídá TDZ V) nebo 100 kN.

Vlastnosti pěstebního prostoru pro výsadbu: Omezená schopnost zadržovat vodu a živiny. Menší objem půdy. Nižší nároky na odolnost rostlin.

Estetika: Například betonové obrubníky, travní porost s nahodile rozmístěnými keři.

Provoz a údržba: Běžná údržba a průměrné požadavky na komponenty v šachtách a vpustích.



◀ Příklad otevřeného řešení srážkové vody s průlehem na ulici se sklonem nad 5 %. Oslo, Norsko.

5.2 Plán a program projektu

Potřeby a požadavky BGG systému je třeba studovat i během fáze plánování projektu, protože jejich včasná identifikace umožní využít kooperace s různými technickými profesemi. Po dokončení rychlé analýzy je nutno shromáždit informace za účelem vytvoření plánu (konceptu) a programu. Je třeba realizovat celou řadu studií, aby bylo potvrzeno, že lokalita splňuje požadavky BGG systému. Nejdůležitější je prověřit využitelný prostor v ulici, jeho sklon a veškeré požadavky na retenci a čištění. Poté následuje tvorba celkového návrhu a hrubé dimenzování systému nad povrchem i pod ním. Posledním krokem je zpracování kompletní projektové dokumentace.

Důležité je vzít v úvahu i aspekty bezpečnosti práce na dané lokalitě. BGG systémy jsou často umístěny v městském prostředí, což ovlivňuje specifické požadavky na bezpečnost práce. V případě provádění následných prací či údržby, může být, v závislosti na intenzitě, významu a provozu na komunikaci realizováno odpovídající dopravně inženýrské opatření (DIO).

Do plánu je třeba zahrnout následující informace:

- Typ ulice, která bude projektována.
- Celkovou urbanistickou koncepci a kompozici, např. návrh flexibilní zóny.
- Typy provozu (auta, kola, chodci, veřejná doprava atd.)
- Dopravní zatížení, které má být nad podzemními rýhami zajištěno.
- Podélný sklon a odtokové body na ulici.
- Stávající suterény v okolních budovách.
- Potřeba sloupů veřejného osvětlení a dalších objektů pevně spojených se zemí.

5.3 Vedení projektu

Tvorba projektu BGG systému se neliší od přístupu k projektování používaného u konvenčních systémů. Stejně jako běžné projekty zahrnují počáteční fázi plánování, dotýká se i systém BGG během fáze plánování stejných bodů, avšak s vyšší mírou detailu.

Níže je uveden seznam bodů, který lze během plánování projektu použít. Seznam odkazuje na různé kapitoly příručky, kde jsou popsány další podrobnosti.

- Je k dispozici návrh s výškovým zaměřením? Musí být splněny nějaké předpoklady, aby jej bylo možné vypracovat? Více o požadavcích na městské prostředí viz strana 18.
- Byla realizována analýza srážkovodního procesu? Více o požadavcích na čištění a retenci viz strana 25, kapitola 5.5. Je třeba ověřit shodu např. se směrnicemi EU o vodě a obecnými i místními právními vodohospodářskými předpisy.
- Proběhl geotechnický průzkum? Více o geotechnice viz str. 25, kapitola 5.6.
- Volba BGG systému
Podrobnosti viz Stručné metodické pokyny na straně 23, kapitola 5.4.

- Kde jsou položena vedení technického vybavení, popř. kam budou přeložena? Pokud je to možné, pokuste se BGG systémům zajistit stabilizovaný prostor, kde již nebudou probíhat žádné výkopové práce. Více o vedení technického vybavení viz str. 25, kapitola 5.6.
- Stupně dopravního zatížení komunikací
Tato příručka popisuje konstrukce testované podle stupně dopravního zatížení kategorie 2 (obdoba třídy dopravního zatížení TDZ V v českém prostředí - TP170) nebo 100 kN. Více podrobností o stupních dopravního zatížení viz str. 14, kapitola 4.1.
- Bezpečnost práce
Při práci s BGG systémy nebo při jejich údržbě v městských oblastech může být nutné přijmout opatření pro zajištění bezpečnosti osob. Více o bezpečnosti práce viz str. 20, kapitola 5.2.
- Dimenzování retenčního a prokořenitelného prostoru
Dimenzování retenčního prostoru podzemní rýhy a povrchové retence v průlehu lze provést konvenčními metodami dle příslušné normy (ve švédsku Rain-envelope method). Více o nádržích a výpočtu retenčních objemů viz str. 71, kapitola 7.3.

Rovněž se ujistěte, že je dostupná adekvátní velikost prokořenitelného prostoru; více viz str. 72, kapitola 7.4.

- Dimenzování a projektování průtoku u komponentů
Všechny komponenty a materiály ovlivňující průtoky v systému musí být zkontrolovány z hlediska intezity průtoku a nejnižší vnitřní kóty potrubí/odtokového zařízení/výkopu. Kromě stanovení objemu průtoku v potrubí je rovněž třeba zjistit, zda je dosaženo požadované úrovně průtoku v podzemní rýze. Více o podzemní rýze viz. str. 32 a 54, kapitoly 6.2 a 6.4.

Dimenzování průtoků lze provést konvenčními metodami, například racionální metodou (rational method). Více o racionální metodě viz str. 70, kapitola 7.1.

Požadavky na čištění

- Pokud je požadavek na čištění vody, je třeba provést simulaci tohoto čištění. Více o úrovních čištění viz str. 72, kapitola 7.5.

Předpoklady plánování projektu?

- Má se projekt realizovat v jedné či ve dvou fázích? Doporučení ohledně různých přístupů najdete v kapitolách 5.8, 6 a v příloze 1 **Postupy stavby BGG systémů.**

5.4 Stručné metodické pokyny

Účelem těchto stručných metodických pokynů je pomoci při projektování systému s ohledem na stávající situaci a stanovené cíle pro určitou oblast. Tyto pokyny pomohou určit, zda by měl být systém většího či menšího rozsahu, popř. samostatně řešený, a jaké prvky by měly být použity v úrovni terénu. Metodické pokyny rovněž usnadní zajištění správných standardů prováděcích výkresů a potřebné konstrukční dokumentace.

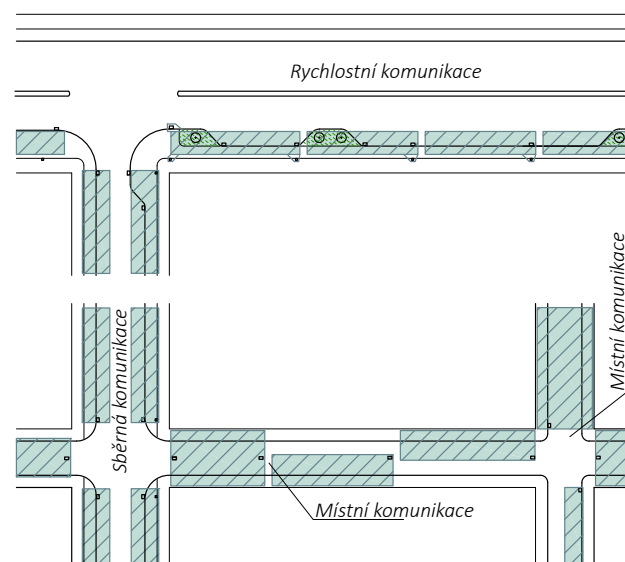
Výsledkem stručných metodických pokynů je kombinace číslic a písmen. Číslo indikuje, zda může (2) či nemůže (1) být použit pás podzemní rýhy s otevřeným podkladem. Ten umožňuje zadržení větší kapacity přívalových dešťů, rovněž ale vyžaduje vyšší nároky na prostor. Alternativou je instalace podzemní rýhy s otevřeným podkladem pouze pod samostatnými podzemními konstrukcemi. Písmena označují vhodné typy konstrukce dle doporučení příručky.

Tyto pokyny lze brát jako pomůcku při výběru BGG systému. Při výběru systému je důležité vzít v úvahu celkovou situaci a uvedené hodnoty je třeba chápat jako vodítko. Zakryté průlehy s ochrannou mříží, jak je uvedeno v kapitole 6.3.5, str. 50–51, v pokynech zahrnutý nejsou. Lze na ně ale pohlížet jako na kombinaci prvků průlehu a stromů ve zpevněné ploše.

Pro definici požadavků obecně vyšších a obecně nižších nároků lze nalístovat část „Rychlá analýza“, v kapitole 5.1.2, strana 19.

Zjednodušeně, řešení v centrech měst musí splňovat vyšší nároky, v příměstských oblastech dostačují řešení s nižšími nároky.

Šířka a hloubka podzemní rýhy se volí nejčastěji v závislosti na tom, o jaký typ ulice se jedná (obrázek 4). U rychlostních komunikací a sběrných komunikací je hlavní pás BGG systému často položen ve flexibilní zóně, pod pěší a cyklistické stezky. U místních komunikací (sdílený prostor) s pěšími zónami a cyklistickými pruhy lze podzemní rýhu roztáhnout v celé šířce ulice. Pro umístění rýhy lze rovněž zvolit jednu či druhou polovinu, popř. i střed ulice. Čím širší rýha je, tím může být vrstva otevřeného podkladu mělkčí.



Obr. 4.

▲ Příklad výstavby podzemní rýhy pro různé typy ulic.

Implementace podzemní rýhy:

1. Samostatné konstrukce s podzemní rýhou
2. Pás podzemní rýhy (pod více než jednou konstrukcí)

Konstrukce popsané v této příručce:

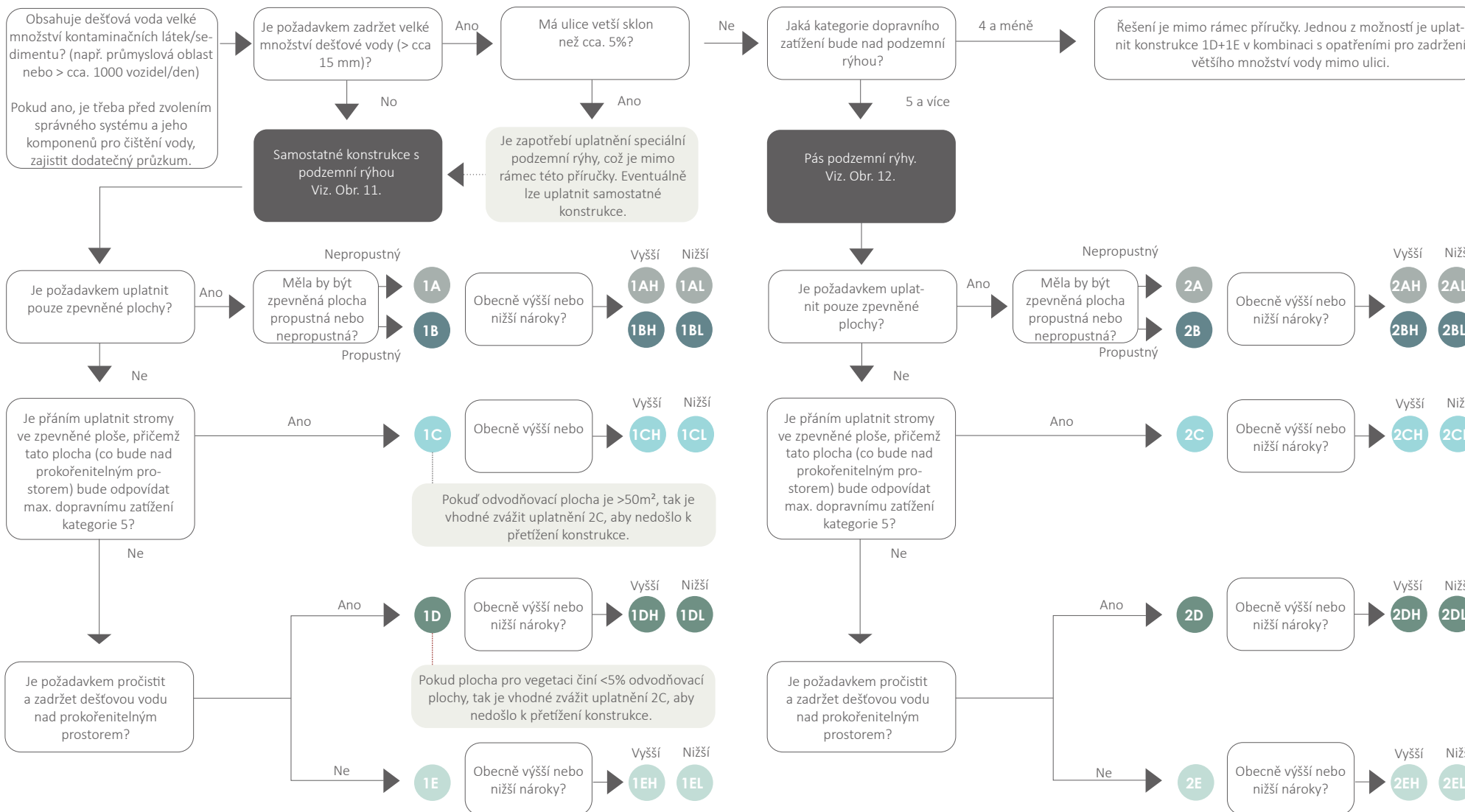
- A. Nепropustná zpevněná plocha
- B. Propustná zpevněná plocha
- C. Strom ve zpevněné ploše
- D. Průleh
- E. Vegetační plocha

Vyšší nebo nižší úroveň náročnosti:

- H. Obecně vyšší nároky
- L. Obecně nižší nároky

Rychlá analýza

Start



Obr. 5. Rychlá analýza pro zvolení správného typu BGG systému

5.5 Analýza srážkoodtokového procesu

Při plánování hospodaření s dešťovou vodou je důležité vnímat celkovou situaci ve městě. Doporučujeme řídit se zásadami stanovenými Mezinárodní asociací pro vodu s názvem „Principy úspornějšího hospodaření s vodou ve městech“ (Principles for Water-Wise Cities).

Je třeba provést analýzu srážkoodtokových poměrů, aby bylo možné určit v jakém vztahu je řešené území k okolním stokovým systémům. Dobře fungující systém (proces) čištění srážkové vody zajišťuje přívod menšího a čistšího objemu dešťové vody do recipientu. Voda bude mimo jiné filtrována, zasakována do půdy a vstřebávána vegetací.

Čištění dešťové vody musí být v rámci celého procesu řešeno co nejbližší místu dopadu srážek. Dále od zdroje dopadu srážek dochází při řetězení jednotlivých opatření ke smíchání vody z různých zdrojů a tedy i ke smíchání čisté vody se znečištěnou. To znamená, že pro zachycení stejného množství znečišťujících látek musí být čišťeno větší množství vody. Díky včasnému zadržení a čištění vody je kontaminace řešena už u zdroje, kde je koncentrovanější. V rámci řetězení opatření HDV to umožňuje zaměřit se na vzdálenějších člancích řetězu opatření více na retenci vody.

Prvním krokem v systému šetrného hospodaření s dešťovou vodou je snížení odtoku u zdroje umístěním prvků jako jsou např. zelené střechy, propustné povrchy či vegetační plochy. Pro snížení množství znečišťujících látek v dešťové vodě je důležité pracovat s ekologickými stavebními materiály a nezávadnými povrchovými úpravami. Neméně důležité je i průběžné čištění venkovního prostředí.

Úplně na začátku řetězu opatření HDV musí být lokální retenční opatření, například na prostranství dvorů, průmyslových areálů či na parkovištích. Jakmile dojde k odtoku dešťové vody na veřejné plochy, jako jsou ulice a malé parky, měla by se pozornost soustředit nejen na čištění a retenci, ale také bezpečný odtok pro minimalizaci rizika záplav. Na konci řetězu opatření HDV se nacházejí rozsáhlejší veřejné parky a zelené plochy, kde je prostor pro vytváření jezírek a mokřadů pro hromadnou retenci a čištění. Funkci retenčních nádrží mohou při extrémních srážkách převzít i plochy za běžné situace využívané ke hrám, sportu a rekreaci.

Pochopení pozice BGG systému v rámci řetězce hospodaření s dešťovou vodou umožňuje optimalní nastavení jeho funkcí.



Obr. 6: Celý proces hospodaření s dešťovou vodou pomocí řetězce opatření. BGG systémy přispívají k čištění a zadržování vody v blízkosti dopadu srážek.

5.5.1 Požadavky na čištění a zadržování dešťové vody

Požadavky na čištění a zadržování vody často stanovuje vodoprávní úřad - tedy odbor životního prostředí na pověřené obci nebo na kraji. Při projektování a dimenzování systému je třeba hned na počátku zjistit návrhovou intenzitu srážek. Měl by být prověřen stav recipientů a zmapována další zařízení na úpravu dešťové vody směrem vzhůru i dolů po směru toku tak, abychom získali úplný obraz o řešeném území a jeho hospodaření s dešťovou vodou.

Pokud jde o čištění, požadavky na systém jsou dány stavem recipientu i úrovní znečištění přitékající dešťové vody. Příčinou existence velkého množství znečišťujících látek a usazenin v dešťové vodě je intenzivní silniční provoz nebo průmyslová a přístavní činnost. Nezbytné informace získáme zmapováním povodí před započítáním projektové činnosti.



V počáteční fázi je třeba získat tyto informace:

- Požadavky na čištění a retenci
- Existence dalších zařízení na čištění dešťové vody směrem po a proti toku vody
- Poloha BGG systému v procesu čištění dešťové vody
- Stav recipientu
- Intenzita provozu v povodí
- Aktivity v rámci povodí
- Čištění a odpovědnost za odtok ze střech

5.6 Geotechnické průzkumy

Geotechnický průzkum zahrnuje informace o skladbě podloží, půdy, okolních ploch a o výskytu skalnatého podloží, které je třeba odstranit, aby mohl být vytvořen prostor pro BGG systém. Průzkum rovněž ukáže, zda je dešťová voda schopná prosáknout až na úroveň podzemní vody. Pro vybudování BGG systému by měl materiál v půdním podloží splňovat požadavky zemní pláně, jak se běžně vyžadují pro souvrství komunikací ve městě. Pokud je půdní podloží kontaminované a vsakování není možné, měl by být systém doplněn hydroizolací (systém bez vsakování), aby se prosakující dešťovou vodou znečišťující látky nedostávaly do podzemních vod či potenciálních zdrojů pitné vody.

Průzkum by měl rovněž stanovit, kde se nachází hladina podzemní vody a jak se v průběhu roku mění. Pokud je stávající konvenční odvodnění příliš účinné, může to způsobit pokles hladiny podzemní vody. Následkem může být praskání a pokles konstrukcí postavených na jílovitém podloží. BGG systém je schopen těmto problémům zabránit.

V počáteční fázi je třeba získat tyto informace:

- Skladba materiálu v podloží, půdě a okolních plochách
- Infiltrační a perkolační kapacita
- Výška hladiny podzemní vody
- Limity vsakování z hlediska výskytu kontaminace půdy
- Potřeba ochrany vody
- Potřeba vsakování dešťové vody za účelem minimalizace smršťování jílu a jejich vlivu na stabilitu objektů
- Výskyt pevné skály v podloží



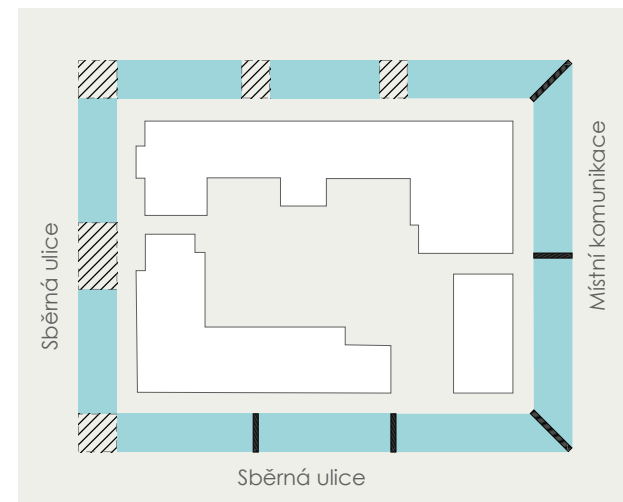
5.7 Ochrana vedení technického vybavení

V situacích, kdy budou BGG systémy umísťovány v blízkosti různých typů podzemní technické infrastruktury, bude nutná komunikace a spolupráce se správci vedení technického vybavení s cílem najít nejvhodnější možné uspořádání. K řešení problematiky vedení technického vybavení uloženého v podzemní rýze vyplněné otevřenou podkladní vrstvou nebo pod ní by mělo dojít hned na začátku, aby si byly všechny strany vědomy potenciálních rizik a obtíží.




Kabelová vedení lze pokládat v BGG systémech i pod nimi. Ve srovnání s uložením v běžných souvrstvích se BGG systém skládá z vícero vrstev různých materiálů. To může případně budoucích výkopů vést ke zvýšeným nákladům při přístupu k dotčeným vedením a ke zvýšenému riziku poškození či snížení funkčnosti systému BGG. Kabely je výhodnější pokládat nad otevřenou podkladní vrstvou.

Vyhnut se problémům s vedením technického vybavení je snazší při nové výstavbě, kdy lze naplánovat pokládku kabelů a jejich křížení v přerušeniích mezi jednotlivými podzemními rýhami. Kde nejlépe umístit přerušeni v BGG systému je k vidění na obr. 7. U stávajících ploch je nutný důkladný průzkum za účelem získání optimální kombinace technického řešení systému a potenciální překládky vedení technického vybavení.

Více informací o inženýrských sítích viz část 6.1.4, strana 30.



Obr. 7: Navrhované umístění série pásů podzemní rýhy s přerušeni. V místě přerušeni lze pokládat přípojky VTV vedoucí od objektů ke kmenovým trasám.

-  Přičné přerušeni za pomoci přičné hráze
-  Přičné přerušeni za pomoci dvojite geomembrány
-  Podzemní rýha s otevřeným podkladem

V počáteční fázi je třeba získat tyto informace:

- Umístění stávajícího vedení technického vybavení
- Umístění nového vedení technického vybavení
- Opatření týkající se vztahu mezi BGG systémy a vedením technického vybavení a jeho ochranných pásem.

5.8 Koordinace a financování projektů

BGG systémy se v prostředí zástavby dotýkají mnoha technických oblastí. Do problematiky se zapojují profese urbanistů, vodohospodářských a geotechnických inženýrů, dále pracovníci z oblasti územního rozvoje i další odborníci z oblasti krajinářských úprav, developmentu a životního prostředí. Může být náročné přivést všechny zúčastněné ke spolupráci vedoucí ke stejnému cíli, nicméně mezioborový přístup je důležitý ve všech fázích, počínaje rozpočtem a přípravou projektu až po výstavbu a údržbu. Díky nejednoznačnému vymezení působnosti a zodpovědnosti může nicméně dojít k přehlédnutí důležitých informací.

Již na začátku projektu je proto třeba rozhodnout, jak budou rozvrženy náklady a odpovědnost v rámci přípravy a výstavby, jakož i provozu a údržby. Jasně rozdělení a zdokumentování oblastí odpovědnosti a stanovení jediné osoby, jakožto vedoucího projektu výstavby BGG systému, je výhodou pro všechny zúčastněné strany a brání opomenutí detailů.

Aby měli všichni účastníci projektu společné základní znalosti o BGG systému, je vhodné uspořádat informativní schůzku či školení. Tato příručka je vynikajícím nástrojem, který může všem zúčastněným stranám zprostředkovat povědomí o projektu a představit obecnou terminologii. Školení by se měli zúčastnit i dodavatelé prací a stavební dozor a tito všichni by měli obdržet informace ohledně specifik technologie BGG. I drobné chyby v procesu výstavby mohou způsobit, že systém nebude fungovat podle očekávání.

Při práci s BGG systémy je třeba tradiční omezené uvažování v rámci samostatných pracovních a technických oblastí transformovat v motivační prostředí pro spolupráci.



Obr. 8: BGG systémy se dotýkají mnoha různých technických oblastí a správních úseků, což vyžaduje dobrou koordinaci a spolupráci.

Vegetace prorůstající a kořenicí do podzemní rýhy. V tomto pásu zřízeném pro výzkumné účely se nacházejí průlehy bez vegetace a s vegetací. Eksättravägen, Stockholm.



6

Vypracování projektové dokumentace

BGG systémy nabízí značnou flexibilitu, která umožňuje jejich adaptaci lokálním podmínkám. Systém tvoří jak povrchové tak podzemní konstrukce. V této kapitole je uveden popis různých příkladů designu, technického řešení a konstrukce, jakož i použitých materiálů.

6.1 Než se započne se zpracováním projektové dokumentace

Povrch systému BGG může být tvořen vegetačními prvky či zpevněnými plochami a může zároveň plnit funkce vsaku, odvodu a čištění srážkové vody (více v řezu 6.3). Systémy mohou být propojené nebo instalované individuálně, v závislosti na podmínkách a požadované funkci. Pod systém tvoří podzemní rýha s otevřenou podkladní vrstvou, která zajišťuje retenci a čištění srážkové vody. Podzemní rýha též vytváří prokořenitelný prostor. Čím větší je celkový objem tělesa podzemní rýhy, tím lépe dokáže BGG systém plnit svoji funkci.

6.1.1 Standardní prováděcí výkresy

Součástí příručky jsou standardní detailní výkresy, které mohou pomoci při zpracování projektu. Použitím stručných metodických pokynů (část 5.4, str. 23) dostaneme kombinaci číslic a písmen značící, jaký typ systému a jaké pozemní konstrukce jsou pro konkrétní místo vhodné. Tato informace nám pomůže vyhledat správné výkresy, na kterých může být specifický design založen. Může se stát, že zadání zakázky nespécifikuje potřebu pro vytvoření podrobné prováděcí dokumentace s detailními výkresy systému. BGG systémy je však vždy nutné přizpůsobit konkrétním vlastnostem a podmínkám. Nezhlednění tohoto faktu představuje riziko, že systém nebude mít požadovaný účinek, což může způsobit značné a nákladné škody. Obdobně je třeba pohlížet i na přílohu č. 1, resp. Postupy stavby BGG systému, jako na všeobecné pokyny, které je nutné adaptovat na základě stávajících podmínek.



- 1 Konvenční souvrství
- 2 Štěrkový výsadbový substrát
- 3 Kokosová rohož a separační vrstva
- 4 Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat biouhel nebo pemzu
- 5 Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat pemzu

▲ Obr. 9: Příklad rozložení vrstev BGG systému s vyššími nároky v příčném řezu.

6.1.2 Výkresy a dokladová část

Projektant BGG systému navrhne komponenty, na které se může odkazovat i další výkresová dokumentace, než jen jeho vlastní. Regulační šachty, vsakovací tunely, plnostěnné a drenážní potrubí – to jsou příklady objektů, které projektant při projektování a dimenzování BGG systému zanesou do své výkresové dokumentace, následně se však objeví i ve vodovodních a kanalizačních plánech. Výškový profil ulice a výšky obrubníků je nutné ověřit u projektanta dopravní infrastruktury či urbanisty, neboť tyto informace jsou pro funkci BGG systému zcela zásadní. Před výběrem rostlin je navíc nutné jasně formulovat parametry systému (viz kapitola 5.1). Je důležité včas určit, kdo bude provádět jaký výkres a kde bude evidován. Neméně podstatné je potom pravidelně koordinovat proces plánování, aby nedocházelo k případným nedorozuměním.

Pokud je to možné, doporučujeme, aby BGG projektant i ostatní projektanti používali programy pro výkresy ve 3D. Usnadňuje to například sledování možného vzájemného negativního vlivu mezi kabely a podzemní rýhou. Pokud není možné kreslit ve 3D, lze použít i 2D, přičemž je však žádoucí důkladný dozor, aby nedocházelo k chybám.

Je také důležité mít jasně vymezené hranice jednotlivých profesí ve výkresích a výměřích. Např. rozdělením kódů, zahrnujících více než jednu odbornost do více řádků tak, aby každý projektant musel vyčíslit to, co je obsaženo v jeho výkresech. Lze tak zabránit omylům při pozdějších úpravách. Je také nutné používat přesné názvosloví pro různé typy vegetačních ploch, například pro průlehy, vegetaci v BGG systému a „běžnou“ výsadbu.

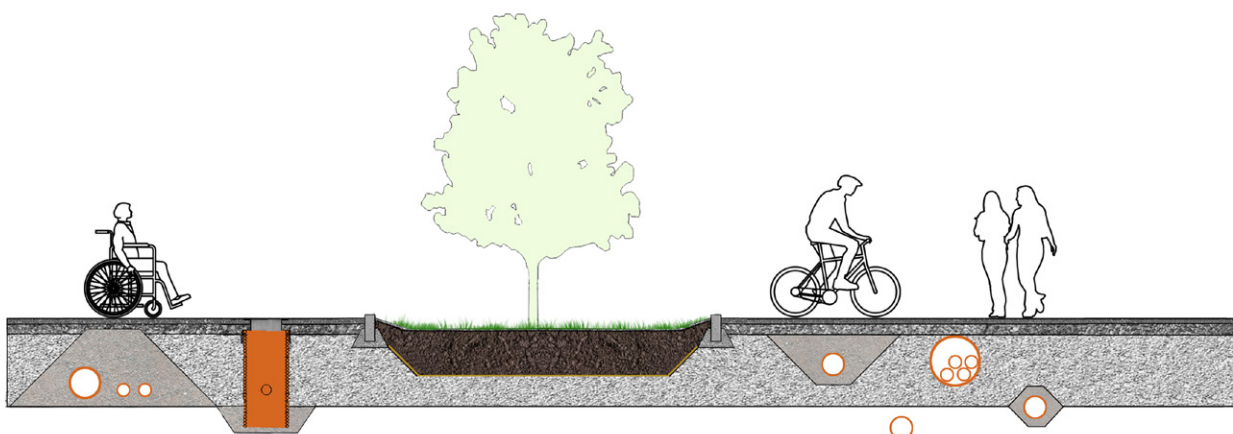
6.1.3 Výškové řešení

Svodnice a odtokové body určují velikost odvodňované plochy a umístění šachet a průlehu. Rovněž je třeba počítat se směrem toku vody, aby nedocházelo ke komplikacím. Pokud sklon terénu překročí 5 %, bude vytvoření dobře fungujícího BGG systému pomocí modelu popsaného v této příručce obtížné. Místo toho bude pro záchyt rychle tekoucí vody a vybudování účinného retenčního prostoru zapotřebí speciálního řešení.

V případě rozdílných úrovní znečištění u vozovek, chodníků a cyklostezek může být přínosné směřovat vodu z těchto povrchů do různých částí systému. Znečištěnější vodu z vozovek lze směřovat například do průlehu, přičemž odtok z chodníků a cyklostezek lze pak svádět přímo do podzemní rýhy. Pro každou polovinu ulice tak budou pravděpodobně potřeba samostatná úžlabí. Ulice by tak měla být rozdělena do několika mikropovodí, přičemž pro každé povodí se objem a průtok počítá zvlášť.

Borovice ve štěrkovém výsadbovém substrátu s povrchem řešeným jako zpevněná plocha. Rovněž a asfaltové povrchy, které jsou postaveny na otevřeném podkladu. Regulační šachty a výměna plynů jsou zajištěny pomocí regulační šachty.
Foto: Örjan Stål





▲
Obr. 10. Příklad podélného řezu ulic, kde kabely a potrubí jsou začleněny do BGG systému. Výše uvedený výkres je ilustrací možné situace, nepopisuje technické řešení.

6.1.4 Inženýrské sítě a výstavba

Obecně řečeno – BGG systémy jsou flexibilní, pokud jde o integraci vedení technického vybavení. Aby však nedošlo k poškození daného BGG systému nutností složitějších výkopů nebo oprav, je ideální výskyt různých typů kabelů či potrubí uvnitř systému a pod ním minimalizovat. Průchody sítě je třeba pokud možno umísťovat v místech přerušení mezi pásy podzemní rýhy, viz obr. 10 na str. 30. Nejlepší prostor pro pokládku vedení technického vybavení, jako jsou např. elektrická a telekomunikační vedení, je nad podzemní rýhou, neboť tyto sítě obvykle vedou v hloubce přibližně 40–60 cm.

U jiných pevných konstrukcí, např. základové konstrukce různého typu, působí z pohledu BGG systému možné problémy nejčastěji zásyp nebo litý beton. Zásyp zabírá velký objem, který je cenný z hlediska retence i průtoku. K řešení tohoto problému se někdy používá drcené kamenivo bez jemných frakcí, protože průtok vody nebrání. Při tomto řešení je důležité ověřit vliv na stabilitu základů konstrukce. Pokud zásyp například neobsahuje jemné částice (viz foto na další stránce), musí být odpovídajícím způsobem upraven způsob založení základů dalších objektů v systému.

Zejména ve spodních 50 cm systému je třeba pracovat se zásypem bez jemných částic, neboť zde proudí největší objem vody.

Pokud se k instalaci obrubníků použije beton, zateče před jeho ztuhnutím malé množství i do hrubého kameniva v otevřené podkladní vrstvě. Aby nedošlo k ubírání tohoto objemu ze systému a minimalizovaly se materiálové

Příklad betonového fundamentu, který lze použít při implementaci objektů (např. sloupů osvětlení) na stejném místě, kde je BGG systém bez toho, aby bylo zapotřebí patiči sloupu obsypat drceným kamenivem s jemnou frakcí.



náklady, je třeba použít hustší netekoucí beton. V tomto případě by se neměla používat geotextilie či jiná tkanina.

Jestliže nelze z BGG systému vyloučit vedení technického vybavení, je třeba projektovou dokumentaci upravit tak, aby mohla voda vždy nerušeně proudit až do spodní části systému. V nejnižším půl metru podzemní rýhy se nesmí nacházet nic, co by průtoku vody bránilo, vedení technického vybavení lze ukládat až nad touto výškou.

Riziko prorůstání kořenů do potrubí lze primárně omezit vytvořením vhodných podmínek pro stromy a další rostliny v určeném prokořenitelném prostoru. Prospěšné pro vegetaci je přimíchání biouhlu a zajištění dostatečného provzdušnění. Z důvodu mechanické ochrany se vedení technického vybavení ukládá do lože drobného drceného kameniva. V takovém případě musí být zásyp obalen geotextilií, aby drobné částice zůstaly na svém místě a nepropadaly v systému do hlubších vrstev.

6.1.5 Postup realizace

Pokud probíhá konstrukce BGG systému v rámci nové výstavby, je nejvhodnější realizovat ji ve dvou fázích. Po vybudování podzemní rýhy se systém zakryje nosnými vrstvami a štěrkem a šachty se těsně uzavřou pomocí krytů. Tímto je hotová plocha pro výstavbu a na pozemku je možno začít stavět. Tato příprava umožňuje provádět další činnosti, jako je výstavba objektů, aniž by došlo k poškození systému. Pokud komponenty nevyčnívají nad povrch země, nelze je přejet ani poškodit a celou ulici tak lze použít jako stavební komunikaci bez rizika sesedání či jiného poškození. Ve druhé (a poslední) fázi výstavby se vykopou výsadbové jámy pro stromy ve zpevněné ploše, průlehy a pro další vegetační plochy. Projekt lze zakončit výsadbou a osazením šachet vpustí v jejich konečné výšce. Pokud se BGG systémy realizují v rámci stávající zpevněné plochy (a neplánuje se v okolí další náročná výstavba), není třeba proces nijak přerušovat, a stavbu lze realizovat v jediné fázi. Většina kroků je identická s kroky při dvoustupňovém procesu budování.

Podrobnější pokyny o pokládce BGG systému viz **Postupy stavby BGG systémů** (Utförandebeskrivning för BGG-system na webu bluegreengrey.se). K dispozici je samostatný popis pro jednostupňovou či dvoustupňovou výstavbu a podrobnosti o řadě stavebních prvků popsanych v příručce. Před vypracováním projektové dokumentace se doporučuje seznámit se s popisy procesu výstavby, neboť tím lze lépe pochopit konstrukci systému.

*Stavba BGG systému
Pokládka otevřené podkladní vrstvy s příměsí biouhlu*

6.2 Podzemní rýha s otevřeným podkladem

Pokud má projektovaná ulice vysoký podélný spád, vysoké dopravní zatížení nebo nepříznivě umístěnou existující infrastrukturu, může být pokládka souvislé podzemní rýhy obtížná. V takových situacích se BGG systém projektuje pro jednotlivé oddělené sekce podzemní rýhy s otevřeným podkladem s různými povrchovými prvky např. průlehy, vegetačními plochami, výsadbou stromů ve zpevněné ploše či s propustnou dlažbou (viz. obr. 11.). Schopnost zvládnout a zadržet dešťovou vodu je však omezena kapacitou jednotlivých sekcí a možností jejich optimálního umístění v rámci ulice.

Rovněž je nutné zjistit, zda okolní objekty mají či budou mít sklepní prostory, neboť existuje riziko, že by se dešťová voda mohla přes BGG systém dostat do drenážních ploch základů objektu. Také je třeba mít na paměti potenciální umístění štětovnicových stěn při sanaci stávajících objektů a to, jak tyto prvky ovlivní pokládku BGG systému.

Výstavbou BGG systému s jediným souvislým pásem podzemní rýhy se maximalizuje kapacita retence vody a funkčnost prostoru jako prokořenitelného prostoru pro výsadbu stromů. Při podélném sklonu lze rýhu s vrstvami otevřeného podkladu dělit na úseky tak, aby dešťová voda zaplnila maximální možný retenční objem, a to nejen v nejnižším bodě (viz. Obr. 12.). Regulačními šachtami se reguluje průtok mezi jednotlivými úseky a zajišťuje regulovaný odtok do kanalizace. Tento typ šachty rovněž obsahuje bezpečnostní přepad pro případ, že se BGG systém naplní. Dešťová voda proniká do systému skrze šachty nebo vsakovacími prvky na úrovni terénu.



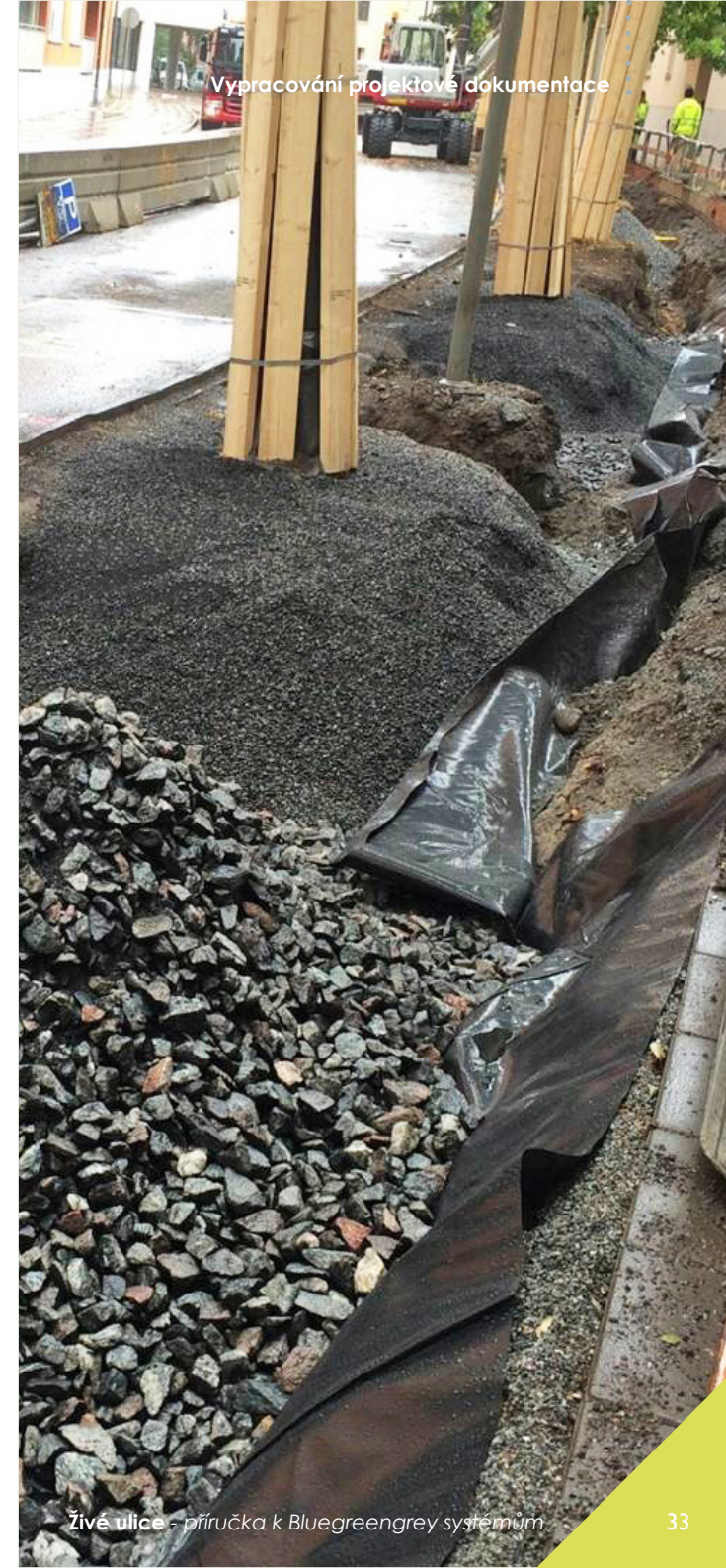
Obr. 11. Příklad ulice s BGG systémem tvořeným jednotlivými sekcemi podzemní rýhy pod každou konstrukcí zčásti. Plochy označené modře jsou jednotlivé úseky podzemní rýhy. Na těchto úsecích mohou být umístěny samostatné konstrukce jako jsou např. průlehy, vegetační plochy a prostory pro stromy ve zpevněných plochách. Výběr jednotlivých povrchových konstrukcí je na projektantovi, což BGG systému dává flexibilitu. V tomto případě je retenční funkce a funkce zásobování vegetace vodou v podzemní rýze z části omezena.

Zlepšení podmínek pro růst stávajících stromů pomocí uplatnění
otevřeného podkladu s příměsí biouhlu, Stockholm.
Foto: Björn Embrém



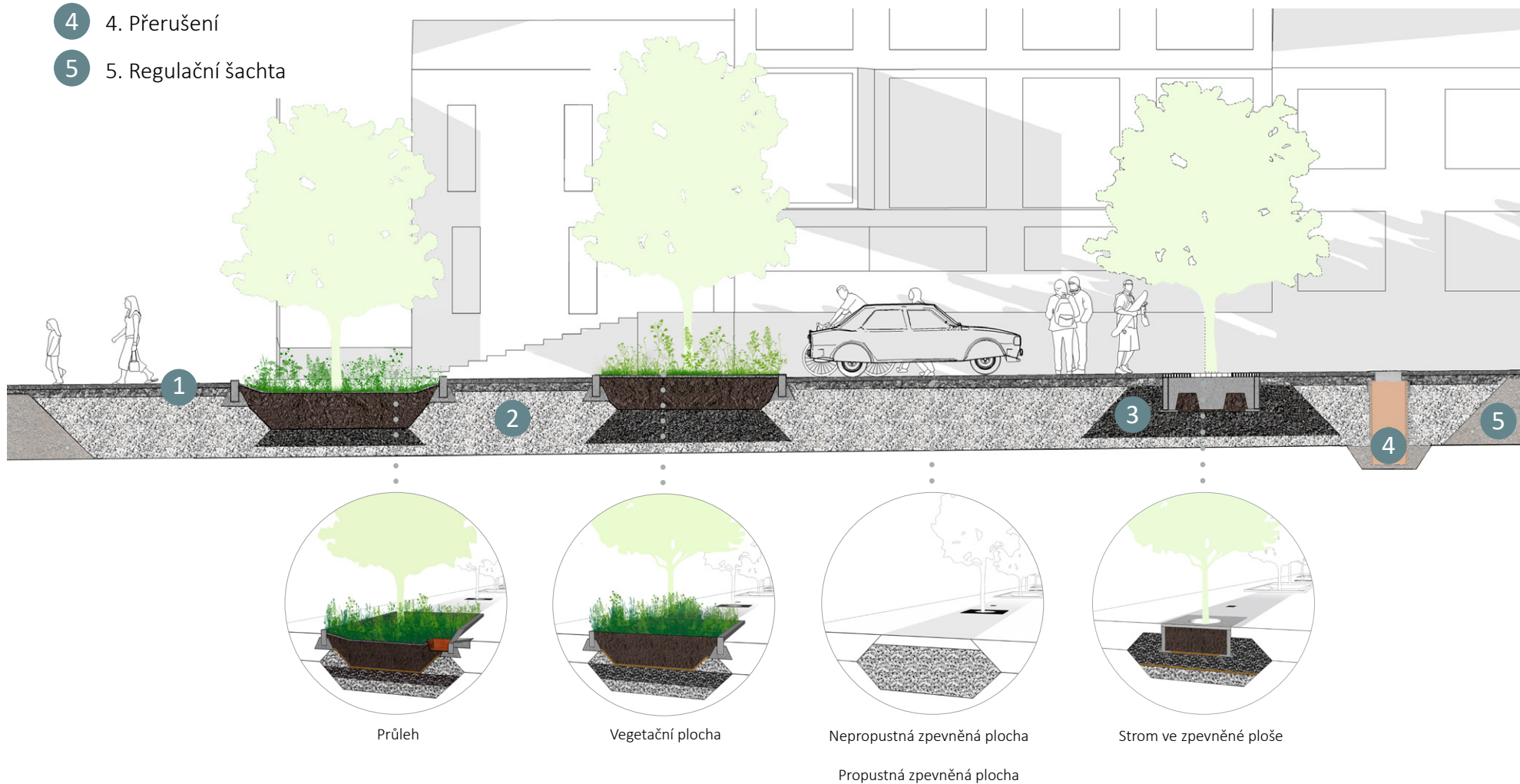
- A Nепropustná zpevněná plocha
- B Propustná zpevněná plocha
- C Strom ve zpevněné ploše
- D Průleh
- E Vegetační plocha
- Podzemní rýha s otevřeným podkladem

Obr. 12. Příklad BGG systému zabudovaného do flexibilní zóny. Modrá oblast znázorňuje podzemní rýhu, která se nachází podél celé ulice. Nad ní se volně střídají zpevněné plochy s průlehy, vegetačními plochami a stromy. Tato konfigurace vytváří řadu možností jak pro hospodaření s dešťovou vodou, tak pro flexibilní design ulice.



Vyšší nároky

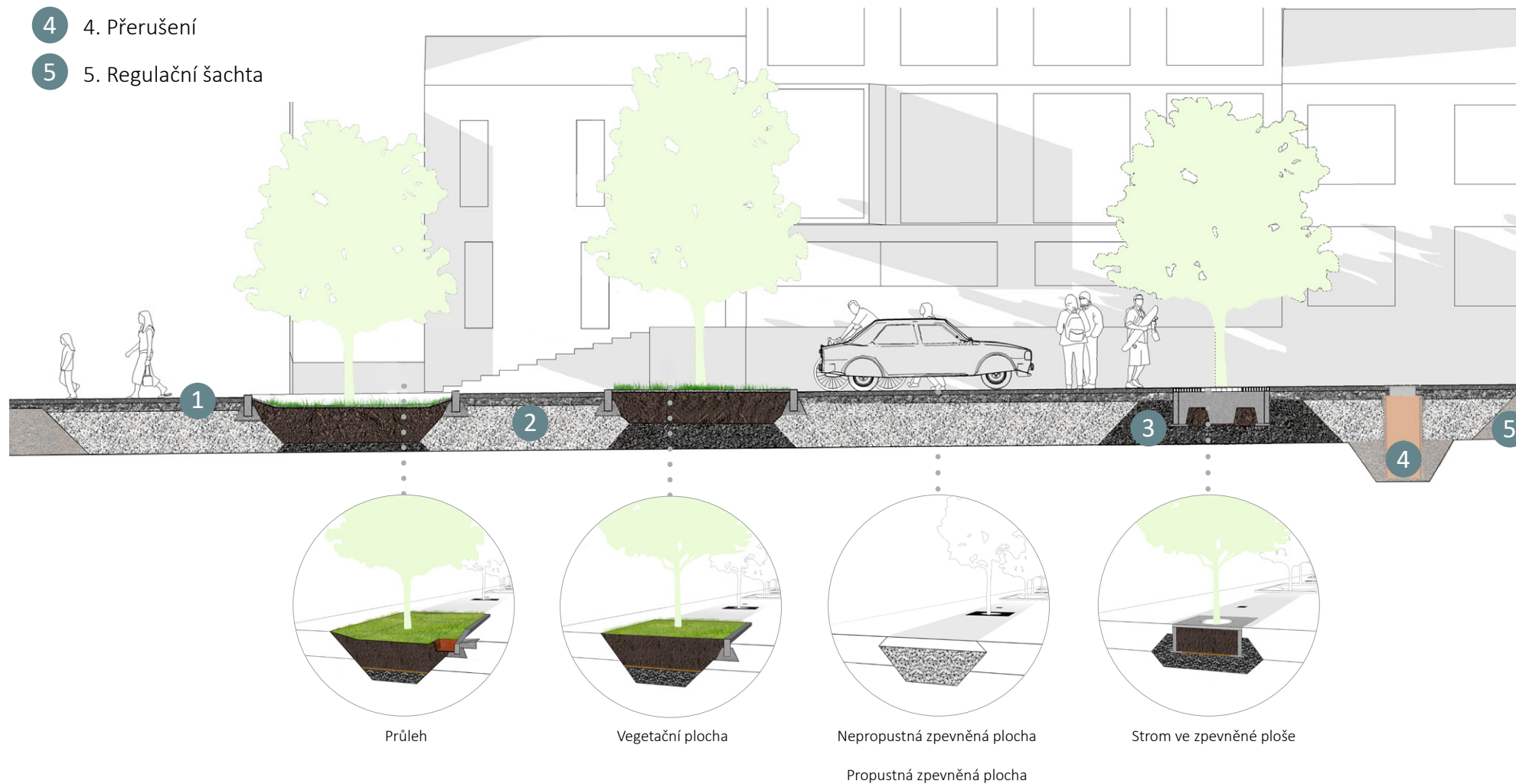
1. Nepropustný nebo propustný kryt
2. Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat pemzu
3. Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat biouhel nebo pemzu
4. Přerušení
5. Regulační šachta



Obr. 13. Podélný řez systémem s podzemní rýhou s vyššími nároky. Přerušení vymežující sekci (úsek) BGG systému jsou na obrázku umístěna vlevo a vpravo. Pod průlehem, vegetační plochou, zpevněnou plochou a stromem ve zpevněné ploše se nachází otevřená podkladní vrstva s biouhlem a případně kompostem či pemzou.

Nižší nároky

1. 1. Nepropustný nebo propustný kryt
2. 2. Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat pemzu
3. 3. Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat biouhel nebo pemzu
4. 4. Přerušení
5. 5. Regulační šachta



Obr. 14. Podélný řez systémem s podzemní rýhou a nižšími nároky. Přerušení ohraničující úsek jsou na obrázku umístěna vlevo a vpravo. Pod průlehem, vegetační plochou, zpevněnou plochou a stromem ve zpevněné ploše se nachází otevřená podkladní vrstva s biouhlem a případně kompostem či pemzou.

6.2.1 Příležitosti k rozšíření podzemní rýhy

Podzemní rýhy je vhodnější situovat pod flexibilní zónu (viz obr. 12) nebo chodníky a cyklostezky, ideálně podél ulice, aby se co možná nejméně protínaly s vedením inženýrských sítí. Zřízení rýhy pod flexibilní zónou umožňuje na úrovni terénu volně umísťovat různé typy konstrukcí v závislosti na tom, co je kde nejvhodnější. Například parkovací místa podél chodníku lze střídat s prostory pro stromy ve zpevněných plochách či průlezcích.

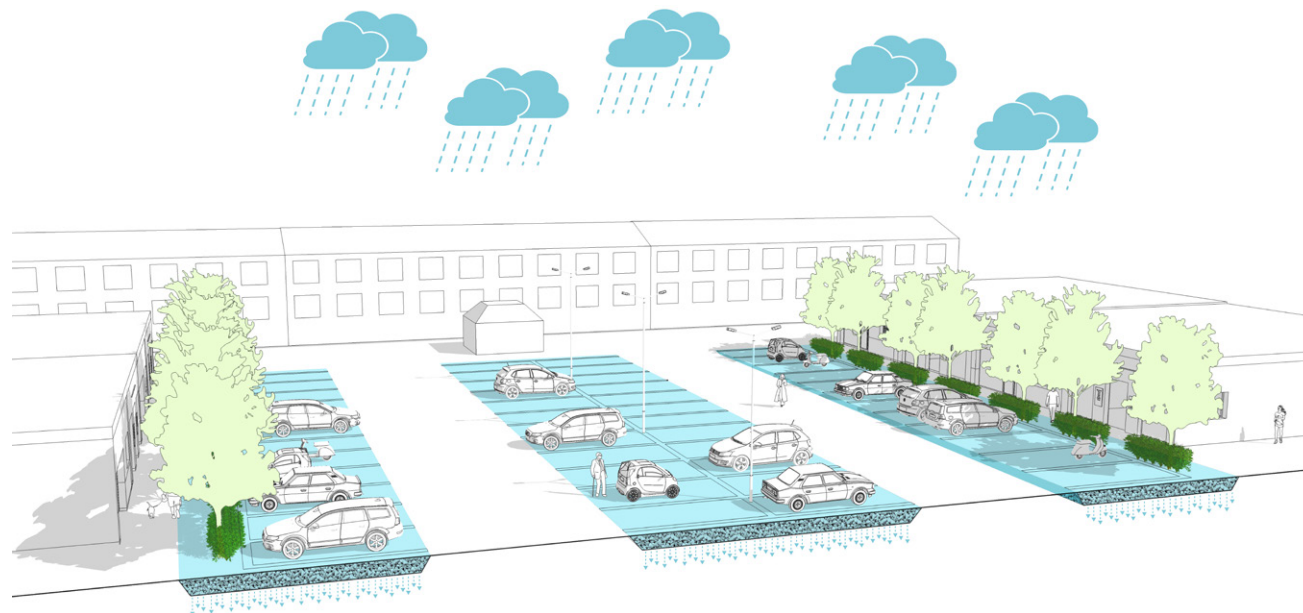
Šířka podzemní rýhy se upravuje podle požadavků na plochu a podle dostupného prostoru. Pro podporu funkce hospodaření s dešťovou vodou a zvětšení prokořenitelného prostoru lze celkový objem podzemní rýhy zvětšit položením otevřené podkladní vrstvy pod chodníky a cyklostezky či pod jízdni pruhy, a to v plné nebo částečné šíři; alternativy viz obr. 15. Toto rozšíření pak umožňuje systém flexibilně upravovat pro různá uspořádání uličního prostoru. Lze například vytvořit sdílenou ulici (shared street) s mozaikovým uspořádáním, kde mají přednost kola a hromadná doprava, nebo ponechat varianty otevřené pro budoucí řešení, která budou odlišná od současných trendů.

Pod prostor pro výsadbu je třeba podzemní rýhu umísťovat vždy, aby zde zajišťovala prokořenitelný prostor a zároveň sloužila jako akumulární a retenční nádrž. Souvislé podzemní rýhy mohou být rovněž umístěny pod otevřeným prostranstvím, jako je např. náměstí nebo větší parkovací plocha.



▲ Obr. 15. Podzemní rýhy s otevřeným podkladem lze rozšířit pod chodníky, cyklostezky a jízdni pruhy, aby se zvýšilo množství zadržené dešťové vody a velikost prostoru pro výsadbu. Určení velikosti a umístění otevřené podkladní vrstvy usnadňuje kombinování BGG systému s jinými typy pozemních staveb stejně jako plnění potřeb uspořádání v budoucnu.

Šířka a hloubka podzemní rýhy s otevřeným podkladem se upravuje podle požadavků lokality a dostupného prostoru.



Obr. 16. Podzemní rýhu s otevřeným podkladem lze rozšířit pod náměstí a parkovací plochy, aby se zvětšil objem dešťové vody, s níž lze nakládat, i prostor pro výsadbu. Určení velikost a umístění podzemní rýhy usnadňuje kombinování BGG systému s jinými typy pozemních staveb stejně jako plnění potřeb uspořádání v budoucnu.

6.2.2 Zhutnění otevřené podkladní vrstvy

Je vyžadován správný stupeň zhutnění, aby byl systém připraven na budoucí dopravní zatížení. Úroveň vlhkosti materiálu v době hutnění, jakož i tvar fragmentů mohou být příčinou potřeby většího zhutnění, než uvádí Švédská příručka AMA. Pro dosažení odpovídající úrovně zhutnění otevřené podkladní vrstvy se hrubé drcené kamenivo obvykle umísťuje ve vrstvách o tloušťce maximálně 250 mm. Každá vrstva musí být správně zhutněna ještě před položením další vrstvy. Hutnění se provádí nejméně 8 přejezdy deskovým vibračním zhutňovačem o hmotnosti vyšší než 400 kg nebo nejméně 10 přejezdy válcem o líniovém zatížení vyšším než 25 kN/m.

6.2.3 Realizace pásu podzemních rýh

Pásy podzemních rýh je třeba, pokud možno, pokládat pod flexibilní zónu (viz obr. 15, str. 36) nebo pod chodníky a cyklostezky, ideálně podél ulice, aby se co nejméně protínaly s vedením inženýrských sítí. Rovněž je lze pokládat pod jízdni pruhy s kategorií zatížení 2 (100 kN) nebo nižší (obdoba české TDZ V). Hloubka pásu se přizpůsobuje požadavkům lokality na zadržování dešťové vody a dostupnému prostoru. Zřízením systému pod flexibilní zónou vzniká možnost volně umísťovat v úrovni terénu různé typy konstrukcí v závislosti na tom, co je nejvhodnější. Například parkovací místa podél chodníku lze střídat se stromy s drenážními plochami či průlehy.

6.2.4 Přerušení

Aby dešťová voda neprotékala souvislými pásy podzemních rýh příliš rychle a podporoval se její vsak, rozdělí se souvislé podzemní rýhy na menší úseky pomocí sypaných příčných hrázek s jemnými frakcemi (vč. prachových), které horizontálnímu toku zabrání. Při sériovém propojení jednotlivých úseků pásů, lze pro kontrolu průtoku použít regulační šachty. Potrubí spojující regulační šachty umožňuje kontrolovaný průtok vody přes místa přerušení. Tím se zvyšuje retenční objem a zefektivňuje využití dešťové vody. Vzdálenost mezi přerušeními v podzemní rýze závisí na spádu ulice a dalších lokálních podmínkách, obvykle ale činí 20–30 m. Jelikož jsou přerušení zbudována pomocí obvyklých materiálů a stavebních postupů, jsou vynikajícím místem pro křížení vodovodních a kanalizačních potrubí a BGG systému. Více informací o pokládce inženýrských sítí viz část 6.1.4, strana 30.

Mezi místy přerušení ve spodní části podzemní rýhy lze uplatnit příčné hrázky, čímž dojde k vytvoření tzv. závlahové zóny, kde voda nemůže odtékat a může se tak v tomto místě zdržet po delší časové období. Hrázkami tak lze přispět k rozložení objemu vody přes větší povrchovou plochu dna. Další informace viz část 3.6.3., str. 58.

6.2.5 Regulace průtoku vody

Dešťová voda stéká podél úžlabí ulice do odtokových bodů a odtud je odváděna do podzemní rýhy skrze průlehy, propustné povrchy či šachty. V nejnižším bodě každého přerušení jsou umístěny regulační šachty (viz obr. 17–20), které mají škrtič, jenž reguluje odtok vody dále do nejbližšího dalšího úseku podzemní rýhy nebo

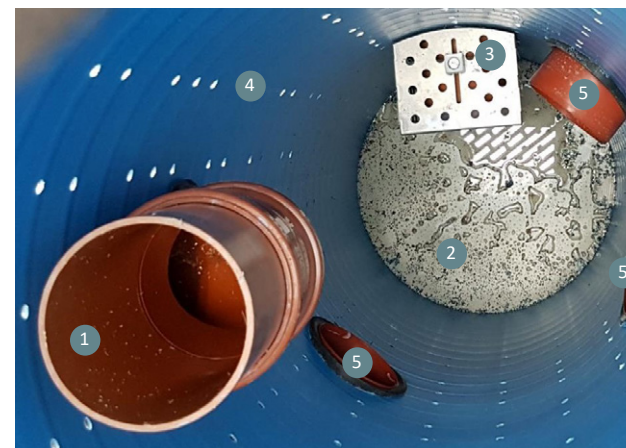
do kanalizace. Voda je do podzemní rýhy distribuována perforacemi po stranách šachty a dále vsakovacím tunelem nebo perforovaným potrubím.

Odtok se nastaví podle zamýšlené funkce systému. Pokud je primárním účelem BGG systému odlehčení kanalizace při extrémních deštích, je voda nejprve směřována do kanalizace a do podzemní rýhy vtéká až v případě zahlcení kanalizace. Pokud je systém navržen primárně na silné deště (srážky odpovídající ne více jak 30-letému směrodatnému dešti), voda je nejprve svedena do podzemní rýhy a do kanalizace teče pouze malé množství. Každá šachta má bezpečnostní přepad, který je napojen na kanalizaci, čímž se brání vylití vody na povrch, pokud zadržaná voda v BGG systému dosáhne maximální kapacity.

Jednotlivé pásy podzemních rýh lze připojit sériově, ale různé způsoby provedení jsou nad rámec obsahu této příručky. Řetěžením jednotlivých podzemních rýh lze dešťovou vodu před vypuštěním do kanalizace přepravit na větší vzdálenost. To znamená, že je voda v systému zadržována delší dobu, dosahuje vyššího stupně vyčištění a zvyšuje se její využitelnost pro vegetaci. Systém je flexibilní, protože dobu retence lze upravit v každé jednotlivé sekci. Nastavení se provádí pomocí nastavení regulace průtoku u škrtiče v jednotlivých šachtách. Seřízení lze kdykoliv změnit, čímž se usnadňuje možnost výkopů zasahujících do podzemní rýhy či údržby BGG systému. Např. během stavby, jež narušuje funkčnost podzemní rýhy, lze škrtič vyjmout a dešťová voda je tak místo do podzemní rýhy nasměrována do kanalizace.

K zachycení vody z chodníků a cyklostezek lze použít jednoduché provzdušňovací šachty s uliční vpustí. Ty jsou do systému integrovány připojením k regulačním šachtám, perforovanému potrubí či vsakovacím tunelům. Více o šachtách a dalších komponentech používaných v BGG systému viz část 6.6, str. 58.

Film ukazující jak BGG-systém hospodáří s dešťovou vodou je k vidění na: bluegreengrey.se

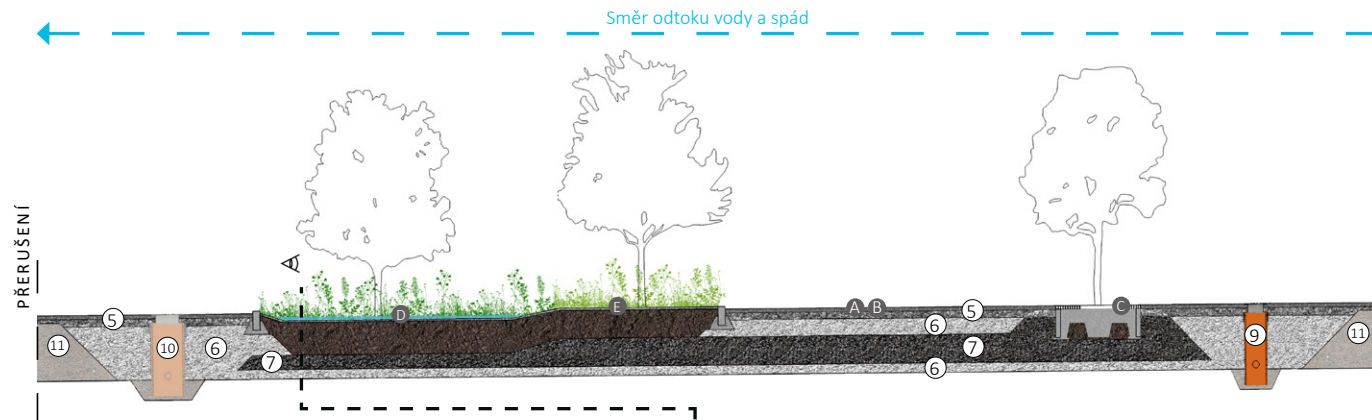
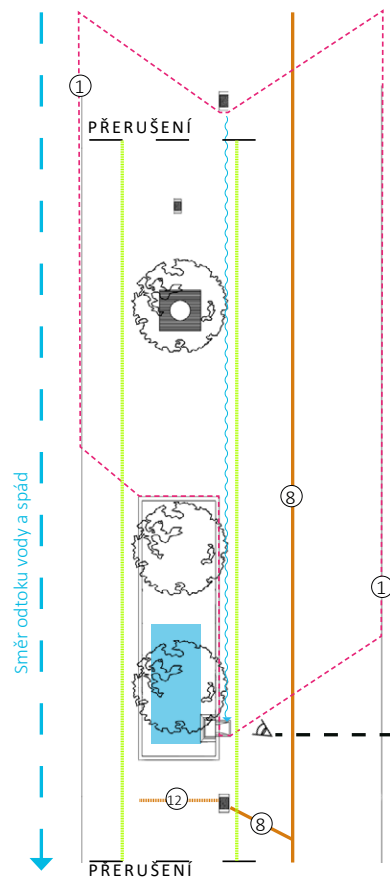


Regulační šachta, pohled shora.

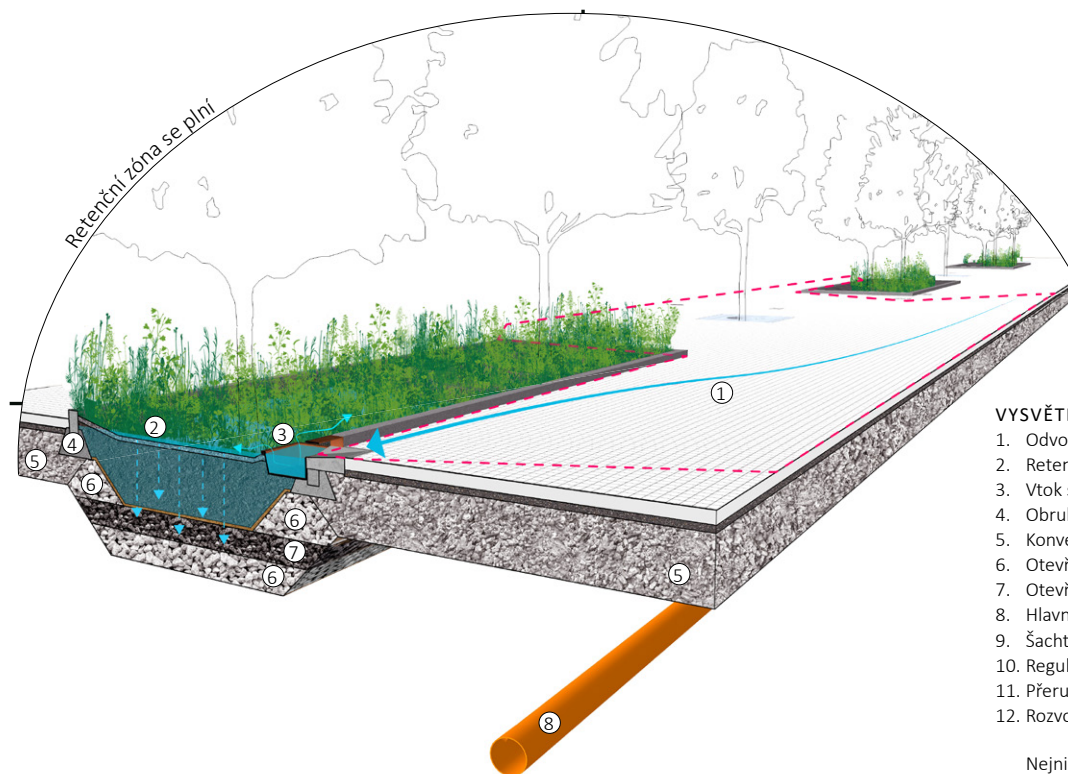
- 1 Přepadová trubka (bezpečnostní přepad)
- 2 Sedimentační vana
- 3 Regulátor odtoku (škrtič) s ochrannou mřížkou
- 4 Perforace pro výměnu plynů a perkolaci vody
- 5 Potrubí pro vypouštění, potrubí pro rozvod a potrubí pro napojení vody ze střeš



Slabý déšť (ca. 5mm)



- ŘEZ**
- A Nepropustná zpevněná plocha
 - B Propustná zpevněná plocha
 - C Strom ve zpevněné ploše
 - D Průleh
 - E Vegetační plocha



- VYSVĚTLIVKY**
1. Odvodňovaná plocha
 2. Retenční zóna průlehu
 3. Vtok se sedimentační vanou
 4. Obrubník
 5. Konvenční souvrství
 6. Otevřená podkladní vrstva
 7. Otevřená podkladní vrstva s biouhlem
 8. Hlavní řad dešťové kanalizace
 9. Šachta pro výměnu plynů
 10. Regulační šachta
 11. Přerušení
 12. Rozvodné potrubí/drenážní potrubí

Nejnižší úroveň

Pás podzemní rýhy s otevřeným podkladem

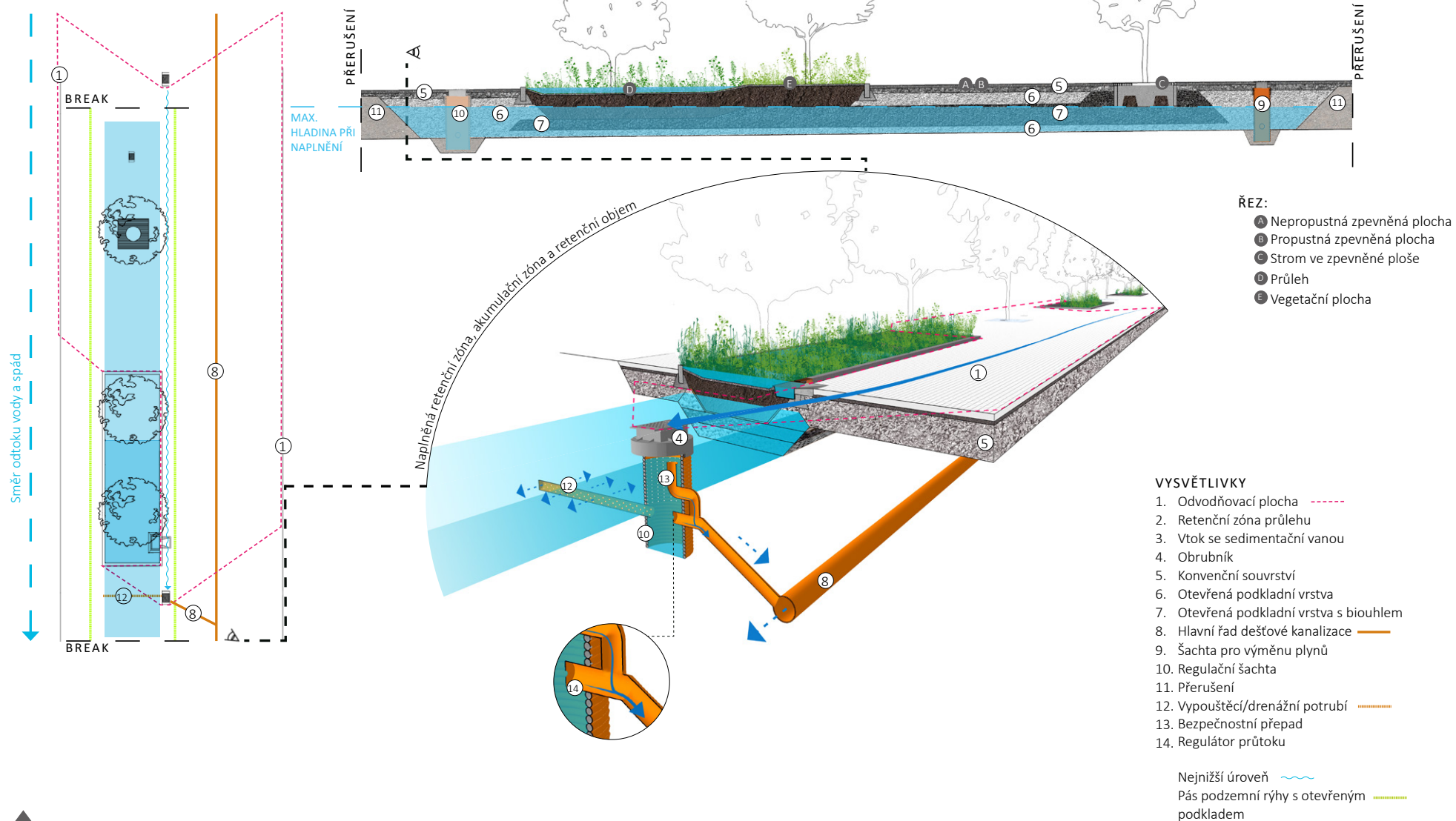
Pohled

Šachta

Obr. 17. Znárodnění průtoku vody BGG systémem s konstrukcí průlehu během slabého deště. V případě slabšího deště stéká dešťová voda do průlehu a prosakuje do podzemní rýhy. Půdorys (vlevo), podélný řez (nahore), trojrozměrný pohled (dole).



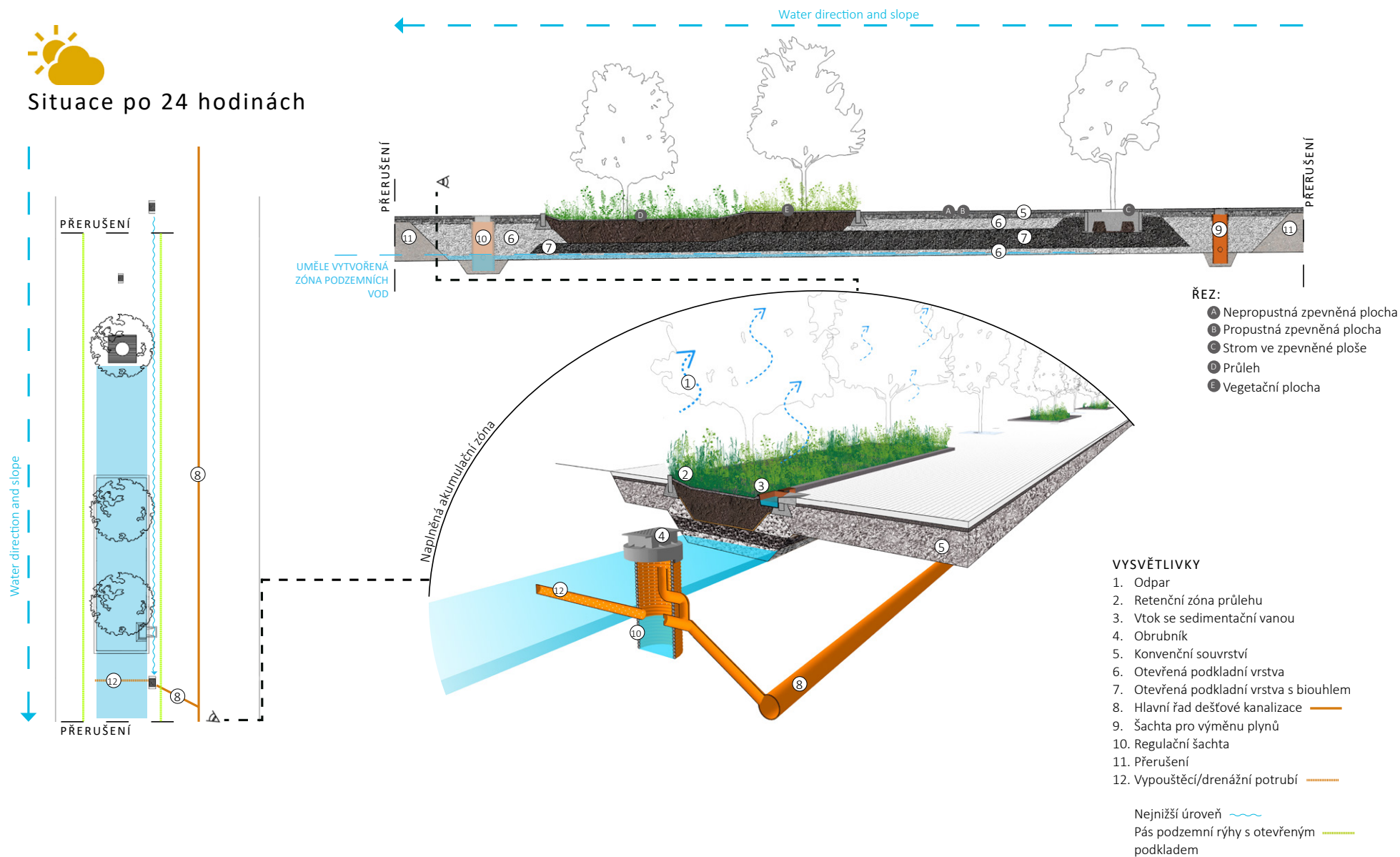
Silný déšť (ca. 50 mm)



Obr. 19. Znárodnění průtoku BGG systémem s průlehem za silného deště. Jakmile při silném dešti spadne velký objem dešťové vody, retenční zóna se rychle naplní. Jakmile je plná, teče dešťová voda přímo do regulační šachty, odkud je svedena buď do podzemní rýhy nebo přímo do kanalizace. Půdorys (vlevo), podélný řez (nahore), trojrozměrný pohled (dole).



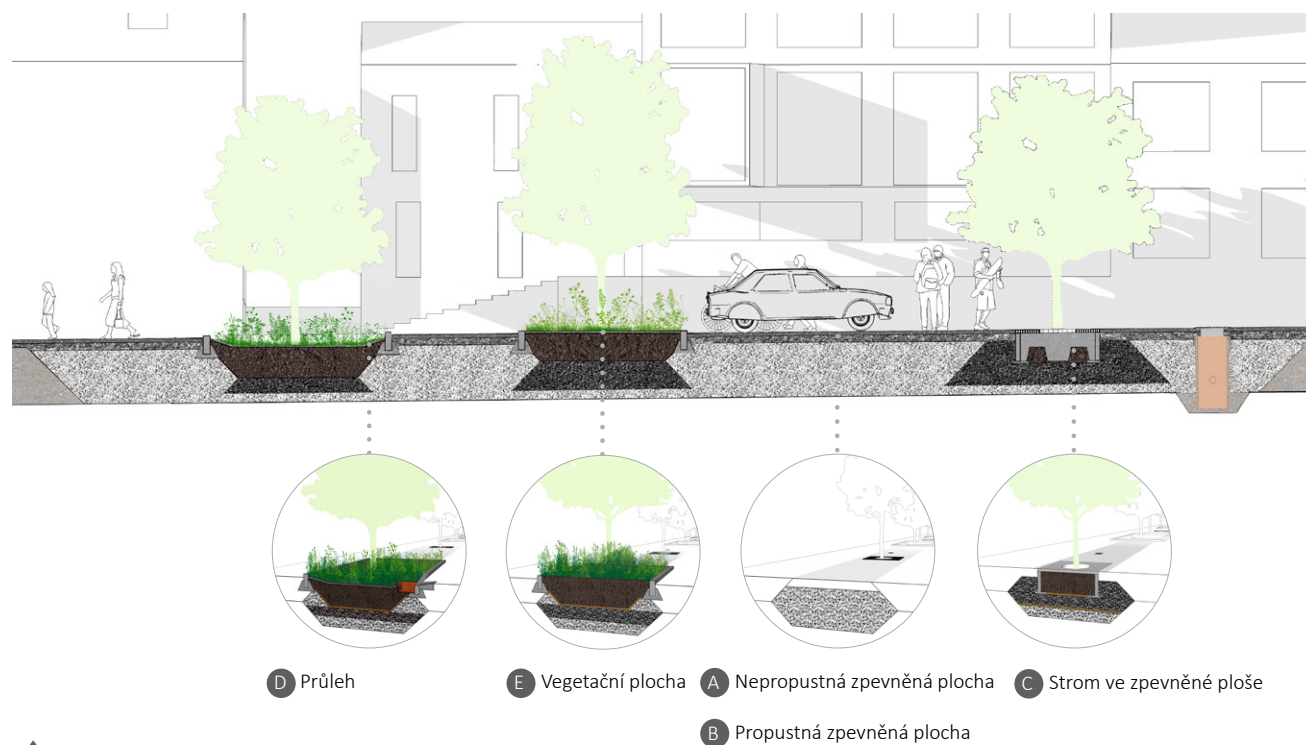
Situace po 24 hodinách



Obr. 20. Znáznornění situace 24 hodin po naplnění BGG systému na maximální úroveň. Po naplnění systému až po přeliv by neměl odtok přebytečné vody trvat více než 24 hodin. Umístěním úrovně dna odtokového potrubí se určuje, kolik vody lze ve spodní části systému zadržet. Ta se může chovat jako uměle vytvořená akumulční zóna, ke které snáze dosáhne vegetace. Půdorys (vlevo), podélný řez (nahore), trojrozměrný pohled (dole).

6.3 Konstrukce v úrovni terénu

Tato příručka popisuje pět povrchových konstrukcí, které je doporučeno realizovat nad podzemní rýhou s otevřenou podkladní vrstvou. Prostřednictvím stručných metodických pokynů (str. 23) získáte informace o tom, jaké konstrukce jsou vhodné pro konkrétní místo. Konstrukce jsou ve stručné metodice i v textu níže značeny písmeny A až E.



▲ **Obr. 21.** Podélný průřez podzemní rýhou s otevřeným podkladem a různými konstrukcemi na úrovni terénu.

B Propustná zpevněná plocha

► *Příklad tzv. flexibilní zóny, kde se místa pro parkování střídají s vegetačními plochami. Curych, Švýcarsko*





6.3.1 Nepropustné zpevněné plochy (A)

Nad podzemní rýhu lze pokládat nepropustné zpevněné plochy a vytvářet tak například silnice, parkovací plochy, chodníky a cyklostezky. Dešťová voda stéká z ploch po spádnicích do nejnižších míst, kde je poté přes vpusti se šachtami či průlehy svedena do podzemní rýhy.

Projektování a dimenzování krytových a podkladních vrstev skladby komunikací a zpevněných povrchů se provádí běžnými metodami a je nad rámec rozsahu této příručky.

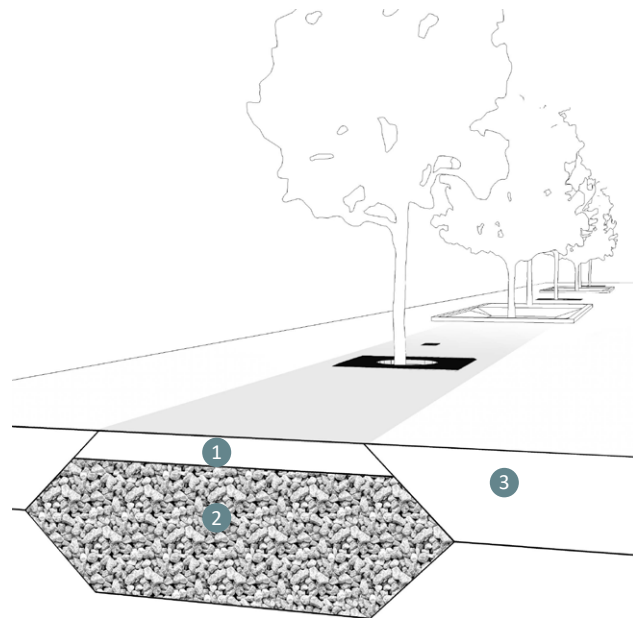
6.3.2 Propustné zpevněné plochy (B)

Propustný povrch zpomaluje a pročišťuje dešťovou vodu. Lze jej zhotovit z drenážního asfaltu, dlažebních kostek, přírodního kamene či štěrku. V závislosti na zvoleném typu propustné vrstvy se k čištění používá řada přirozených procesů: filtrace, adsorpce a biologický rozklad. Díky použití propustných materiálů po celém souvrství může dešťová voda pronikat dolů do podzemní rýhy, kde může dále probíhat její zadržování a čištění.

Díky propustným povrchům může dešťová voda vsakovat skrze rozsáhlou plochu, takže nedochází k přetížení žádné jednotlivé plochy v rámci celého systému. To znamená, že průtok v podkladní vrstvě nemusí být příliš vysoký a lze použít materiál s menší zrnitostí, tj. 2/90. Je tudíž možné realizovat souvrství, které zvládne ještě vyšší dopravní zatížení než v případě kategorie 2 (obdobu české TDZ V a nižší). Více informací o dopravním zatížení viz švédská metodika „Fördrojning av dagvatten med dränerande markstensbeläggning“ od Svensk Markbetong či jiné publikace (v Česku TP170- Navrhování vozovek pozemních komunikací). Rovněž zde najdete informace o projektování a dimenzování propustné obrusné vrstvy a základní vrstvy, tedy tématu, které je nad rámec rozsahu této příručky.

◀ Parkoviště pro kola s podzemní rýhou s otevřeným podkladem. Celé souvrství pod touto plochou slouží jako prostor pro výsadbu a zásobní prostor pro dešťovou vodu. Södervärn, Malmö.

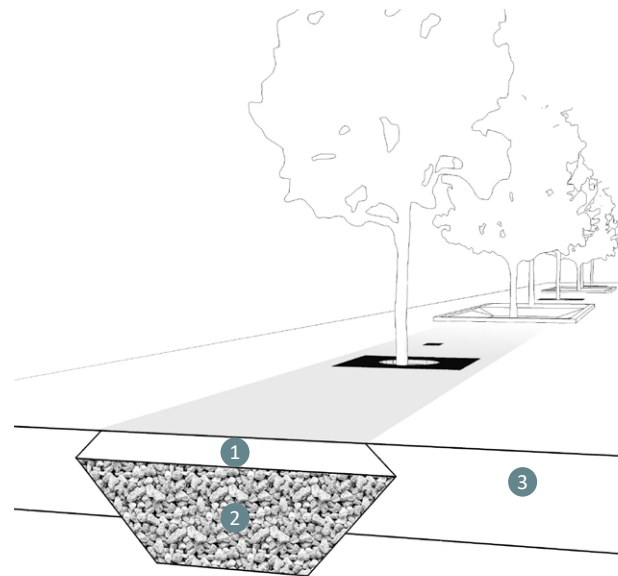
Vyšší nároky



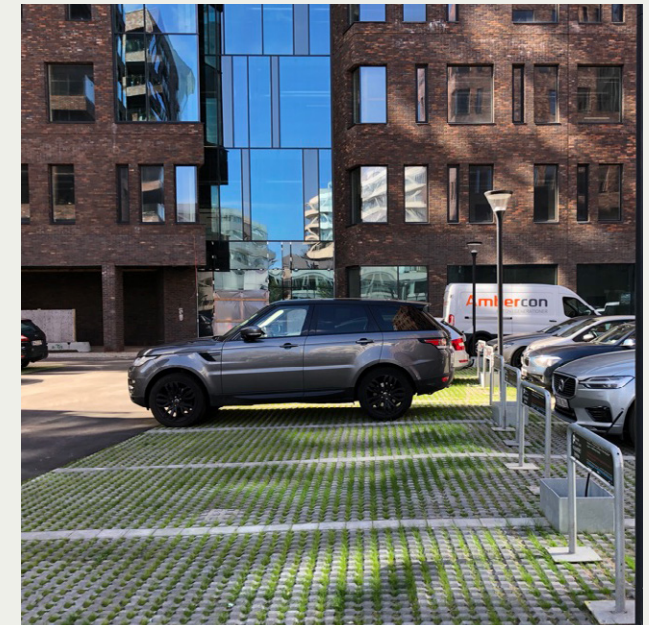
- 1 Propustný či nepropustný povrch a základní vrstva
- 2 Otevřená podkladní vrstva
- 3 Konvenční skladba souvrství

▲ Obr. 22. Zpevněná plocha na podzemní rýze s otevřeným podkladem za podmínek obecně vyšších nároků na zadržení srážkové vody. Obrusná vrstva může být propustná nebo nepropustná.

Nižší nároky



▲ Obr. 23. Zpevněná plocha na podzemní rýze s otevřeným podkladem za podmínek obecně nižších nároků na zadržení srážkové vody. Obrusná vrstva může být propustná nebo nepropustná.



▲ Propustná zatravněovací dlažba. Århus, Dánsko.



Nepropustná a propustná zpevněná plocha z asfaltu.

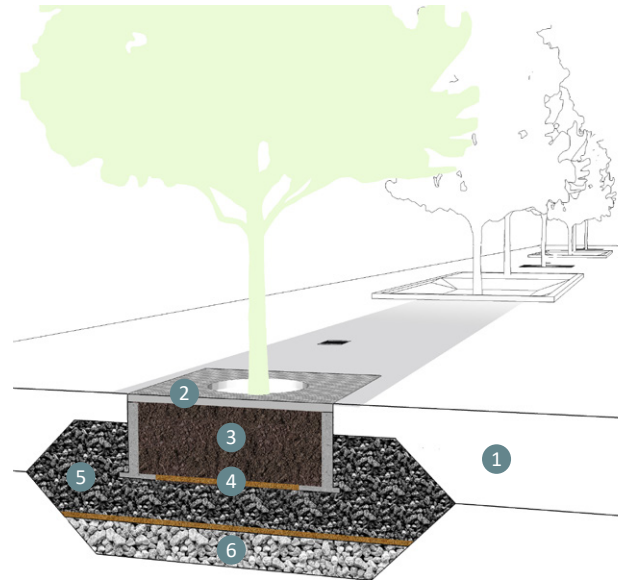
6.3.3 Stromy ve zpevněné ploše (C)

Tento typ konstrukce je vhodný pro výsadbu stromů v místech s nedostatečným prokořenitelným prostorem a požadovaným zhuštění pro umístění konstrukcí zpevněných povrchů. Strom se sází do výsadbových jam ohraničených betonovým rámem stromové mísy, jež jsou součástí podzemní rýhy. Otvory po straně betonového rámu umožňují prorůstání kořenů stromů směrem ven a tím využít okolního prostoru, s dobrým potenciálem pro výměnu plynů a přístupu k vodě. Tento způsob výsadby umožňuje stromu rozvinout rozsáhlý a intenzivně rozvětvený kořenový systém a vytváří základ pro odolnou zeleň, větší kapacitu pro čištění vody a život mikroorganismů. Konstrukce svým řešením zajišťuje, aby se kořenový systém nedostal až pod povrch a nepůsobil praskliny ve zpevněných plochách.

V rámci rámu stromové mísy je strom obklopen štěrkovým výsadbovým substrátem, který má vysokou propustnost a dostatečný obsah živin. Pod ním a v jeho okolí se nachází otevřená podkladní vrstva vyplněná hrubým drceným kamenivem s příměsí biouhlu nebo pemzy. Tuto směs lze s prospěchem použít i dále v okolí stromu a vytvořit požadovaný prokořenitelný prostor s příznivými podmínkami k růstu. Rám stromové mísy lze zakrýt ochrannou mříží. Povrch výsadbového substrátu lze chránit proti vysychání vrstvou anorganického mulče, který vyplní prostor až po ochrannou mříž nebo se rozprostře mezi rostliny.

Pro zajištění odpovídající výměny plynů v podzemní rýze je třeba systém osadit větracími šachtami. Je třeba, aby každá souvislá podzemní rýha zahrnovala dvě šachty, čímž se zajišťuje prodyšnost prostoru. Za tímto účelem lze využít suché větrací šachty, větrací šachty s přítokem dešťové vody a regulační šachty.

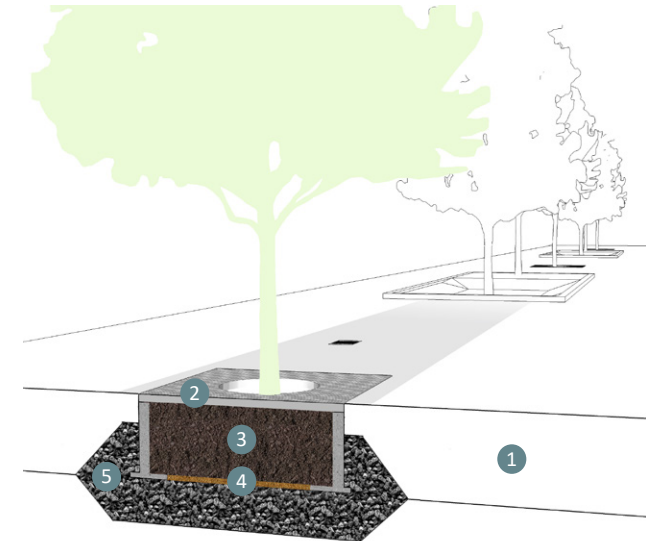
Vyšší nároky



- 1 Konvenční skladba souvrství
- 2 Ochranná mříž a rám stromové mísy
- 3 Výsadbový substrát
- 4 Kokosová rohož a separační vrstva
- 5 Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat pemzu nebo biouhel
- 6 Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat pemzu

▲ Obr. 24. Prostor pro strom ve zpevněné ploše na podzemní rýze s otevřeným podkladem za podmínek obecně vyšších nároků na systém.

Nižší nároky



▲ Obr. 25. Prostor pro strom ve zpevněné ploše na podzemní rýze s otevřeným podkladem za podmínek obecně nižších nároků na systém.

Rámy stromové mísy mohou být vytvořeny z prefabrikátů nebo pomocí žulových obrubníků či betonových prvků které vytvoří rám stromové mísy. V případě pojezdu vozidel jsou k dosažení nosnosti 20 kN/m² nutné speciální konstrukce, v nichž je propojeno více úseků.

Strom ve zpevněné ploše. Pod betonovou dlažbou v řadě stromů se nachází podzemní rýha s otevřeným podkladem s biouhlem. Pod cyklostezkou a chodníkem se nachází otevřená podkladní vrstva. Dešťová voda je kanálována do vpustí na větracích šachtách, které vodu nasměrují do podzemní rýhy s otevřeným podkladem.

Södra järnvägsgatan, Växjö.

Photo: Örjan Stål



6.3.4 Průleh (D)

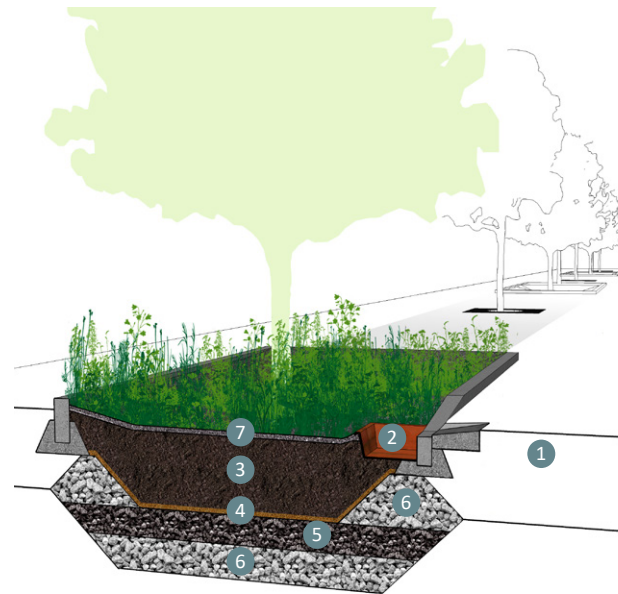
Průlehy jsou klíčovým prvkem systému BGG, protože zadržují a čistí dešťovou vodu a zároveň přinášejí do ulic zeleň. Průlehy jsou jedinečné v tom, že jejich povrchy jsou mírně konkávní. To vytváří tvar, který umožňuje vodě se zde rozlít a zůstat na povrchu, předtím než přes zemní filtr s vegetací pronikne do země. Tato oblast se nazývá retenční zóna a je obvykle 5-20 cm hluboká. Pokud se retenční zóna zaplní, může voda dále protékat do podzemní rýhy skrz regulační sachtu, čímž se zabrání zaplavení ulice.

Čištění vody v průlehu se dosahuje filtrací, biodegradací a vázáním na rostliny či jemné částice. Těžké kovy jsou často vázány na jemné částice, a proto jsou odfiltrovány už v nejvyšší vrstvě. Živiny a organické znečišťující látky jsou vázány na biouhel a dále rozkládány mikroorganismy a rostlinami.

V průlehu se používá speciální štěrkový výsadbový substrát, který zajišťuje propustnost a nízký obsah živin. Když voda pronikne do hrubého kameniva otevřené podkladní vrstvy, je riziko, že spolu s ní budou odplaveny jemné částice z růstového média, které mohou způsobit ucpání části systému. Tomu lze zabránit použitím materiálů se správnou frakcí s částicemi, které se o sebe navzájem opírají. Dále lze výsadbový substrát oddělit od otevřené podkladní vrstvy pomocí kokosové rohože.

Povrch průlehu by měl být chráněn mulčem z drceného kameniva frakce 8/11 o síle vrstvy nejméně 50 mm, aby se zabránilo erozi. Mulč také brání odpařování a chrání vysazené rostliny před plevely. Pokud je průleh oset trávou, mulč se nepoužívá.

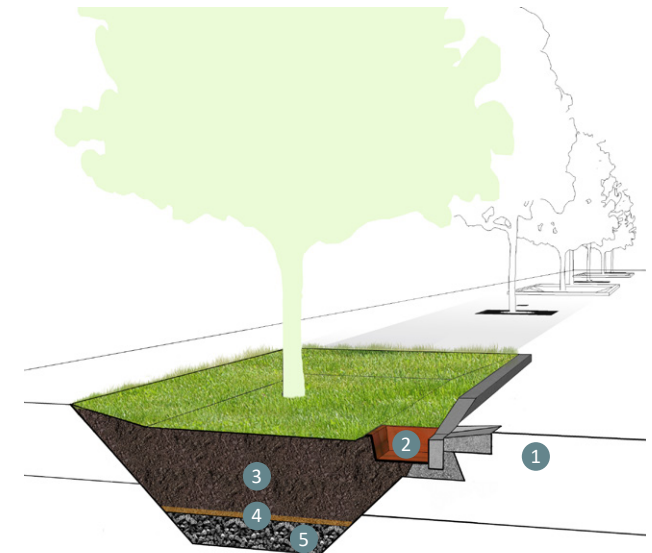
Vyšší nároky



- 1 Konvenční skladba souvrství
- 2 Vtok se sedimentační vanou
- 3 Výsadbový substrát
- 4 Kokosová rohož a separační vrstva
- 5 Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat pemzu nebo biouhel
- 6 Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat pemzu
- 7 Ochranná vrstva mulče

▲ Obrázek 26. Průleh na podzemní rýze s otevřeným podkladem v podmínkách s obecně vyššími nároky. Průleh může být také zatravněn.

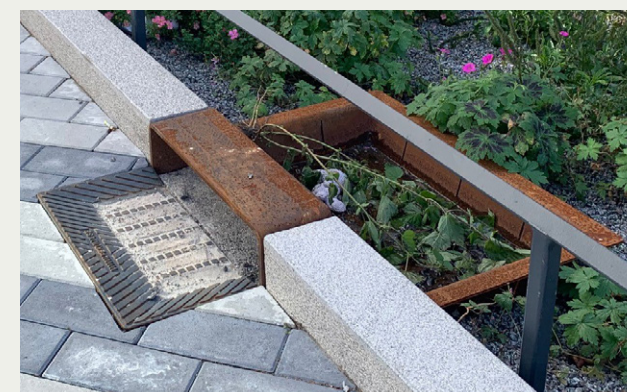
Nižší nároky



▲ Obrázek 27. Průleh na podzemní rýze s otevřeným podkladem v podmínkách s obecně nižšími nároky. Průleh může být také osázen trvalkami a keři.



▲ Vpuště sníženou hranou obrubníku



▲ Nátok otvorem v obrubníku se sedimentační vanou. Amanuensgatan Rosendal, Uppsala

Průleh může být také překryt pevnými nebo perforovanými deskami, čímž se vytvoří krytý průleh, viz část 6.3.5. V tomto případě je průleh využit k retenci a filtraci vody, ale nepodporuje vegetační prvky s dalšími funkcemi.

Konstrukce vpustě je určujícím faktorem pro správnou funkci průlehu a tím i celkovou funkčnost ulice. Dobře promyšlená vpust' může v budoucnu zabránit mnoha problémům, například poškození erozí nebo vozidly údržby (např. sněžným pluhem). Nejpodstatnější je však plynulý nátok vody do průlehu.

6.3.4.1 Nátoky

Pro nátoky do průlehů existují obecně dva druhy designu: plošné nebo soustředěné vpustě. Plošný nátok dešťové vody do širší plochy průlehu se provádí umístěním dlouhé strany průlehu na úroveň úžlabí či podélné svodnice tak, aby do něj voda volně proudila. Soustředěná vpust' sestává z vpusti nebo otvoru ve vyvýšeném obrubníku, který umožňuje proudění vody do průlehu v určitém bodě. Obě tato řešení mají klady a zápory, které jsou podrobněji popsány níže.

Plošný nátok zajišťuje, že dešťová voda je rovnoměrně distribuována po celém povrchu průlehu. To minimalizuje riziko poškození erozí v místě vpustě a usazování materiálu, který může zabraňovat přítoku vody. Nevýhodou tohoto řešení je, že na plochu může proniknout nekontrolovaně velké množství nečistot a

rozpuštěných látek s následnou nutností manuálního úklidu. Snížením výšky obrubníku se také zvyšuje riziko vjezdu vozidel do průlehu a tím jeho poškození.

Při použití soustředěného nátoky je důležité vzít v úvahu sílu proudu dešťové vody, protože silný proud může vést k poškození průlehu erozí. Není neobvyklé, že přítok na vstupu dosáhne během silného deště intenzity 10–20 l/s. Opevněním nátoky hrubým drceným kamenivem nebo zpomalením proudu vody průtokem sedimentační vanou dojde k jeho zpomalení. V sedimentační vaně se také zachytí písek a usazeniny a voda přitékající na průleh bude čistší. Tím se prodlouží interval nezbytné údržby.

Pokud ulicí protéká silný proud vody, existuje riziko, že velké množství vody proteče mimo vpust' průlehu. Z tohoto důvodu by měla být vpust' alespoň 50 cm široká. Pokud to není možné, lze si k úpravě směru průtoku vody pomoci změnou sklonu povrchu nebo vpustí do šachty. U užších vpustí je však například riziko ucpání listím nebo odpadky. Vpust' by neměla mít ostré hrany z důvodu možného nebezpečí úrazu při odklizení sněhu. Níže jsou uvedeny tři příklady vhodně navržených soustředěných vpustí.



6.3.5 Zakrytý průleh s ochrannou mříží

Pokud prostor vyžaduje čistící a retenční vlastnosti průlehu, ale v dané situaci je existence záhonu nevhodná (tj. na povrchu musí být umožněn pohyb chodců nebo lehčích vozidel), lze jako alternativu použít krytého průlehu. U krytých průlehů je možná kombinace různých komponentů (rošty, pevné nebo perforované desky a rámy stromových mís) používaných u stromů ve zpevněné ploše a komponentů používaných pro retenční zónu u průlehů (viz obrázek str. 51). Efektivním způsobem oddělování materiálů a zvyšování únosnosti okolních zpevněných ploch je použití betonového rámu. Zde je třeba myslet i na možné vícenáklady při opravách a provádění výkopů nebo jiných úprav u dané stavby.

Jednou z výhod krytého průlehu je možnost umístit nad něj různé funkční prvky, například parkování jízdních kol, odpadkové koše, mobiliář aj. Plochu lze také použít pro uložení sněhu během odklízení.

Při absenci vegetace v průlehu dochází k omezené tvorbě biomasy v prostoru zemního filtru a tím omezení čistící funkce mikro a makro edafonu, vč. omezení tvorby biopórů, které jsou důležité pro rychlost vsakování. Jak přesně absence vegetačního krytu rychlost vsakování ovlivňuje, stále není jasné a je třeba dalšího výzkumu. Více informací a standardní prováděcí výkresy jsou k dispozici v technické příručce magistrátu města Nacka.

▲ Zakrytý průleh na podzemní rýze s otevřeným podkladem. Nacka.
Foto: Agata Wehlin.

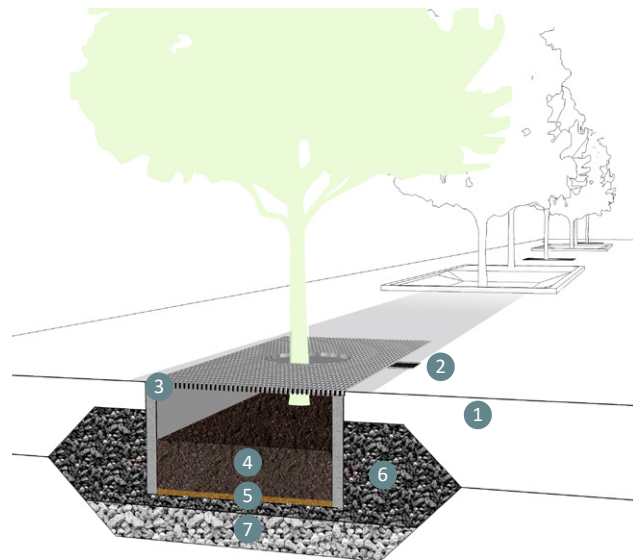


▲ Rám stromové mísy, který lze použít při stavbě zakrytého průlehu.
Foto: Agata Wehlin



▲ Během stavby zakrytého průlehu. Nacka.
Foto: Agata Wehlin.

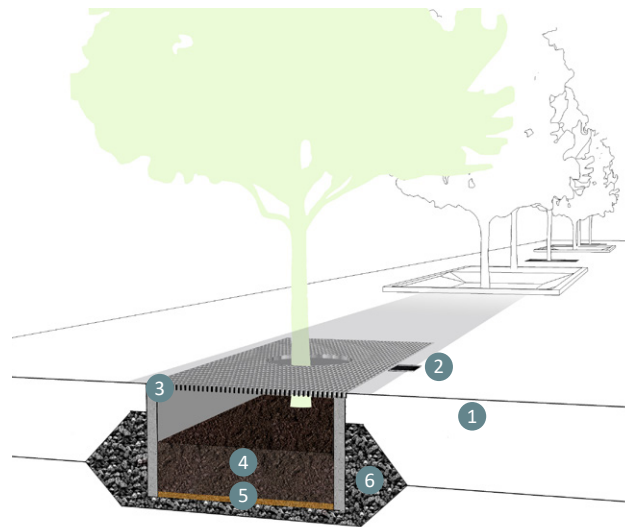
Vyšší nároky



- 1 Konvenční skladba souvrství
- 2 Větrací šachta s přítokem dešťové vody
- 3 Ochranná mříž a rám stromové mísy
- 4 Výsadbový substrát
- 5 Kokosová rohož a separační vrstva
- 6 Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat pemzu nebo biouhel
- 7 Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat pemzu

Obr. 28. Zakrytý průleh na podzemní rýze s otevřeným podkladem za podmínek obecně vyšších nároků.

Nižší nároky



Obr. 29. Zakrytý průleh na podzemní rýze s otevřeným podkladem za podmínek obecně nižších nároků.

Příklad vzhledu zakrytého průlehu v úrovni ulice. Tato konstrukce neobsahuje retenční zónu.
Norra Djurgårdsstaden, Stockholm





6.3.6 Vegetační plochy (E)

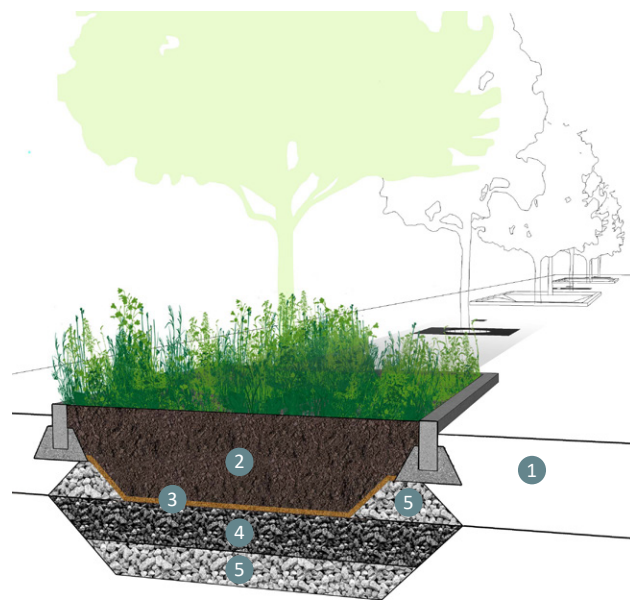
Jednou z možností v oblastech, kde nejsou velké požadavky na povrchovou retenci a čištění dešťové vody, je umístění vegetační plochy nad podzemní rýhou. S vodou se v tomto případě manipuluje tak, že se přes vpusti a šachty dostává přímo do podzemní rýhy BGG systému, nad níž leží výsadbový substrát vegetační plochy. Kořeny tedy mohou prorůst do velkého objemu hrubého drceného kameniva a biouhlu v podkladní vrstvě.

Voda se k vegetaci dostává zdola přes podzemní rýhu. U průlehu je substrát zemního filtru od hrubého štěrku podzemní rýhy oddělen separační rohoží z kokosových vláken. U vegetační plochy se vsakuje do podzemní rýhy z plochy výsadby pouze malé množství vody a to znamená, že separační rohož z kokosových vláken není nutná, pokud je zajištěn plynulý přechod frakcí. Další informace viz strana 54 a tabulka 1.

Kromě typu výsadbového substrátu se vegetační plocha v BGG systému příliš neliší od běžného záhonu v ulici. Podrobné údaje o konstrukci jsou ve švédštině k dispozici v příloze č. 1 Postupy stavby BGG systémů.

Vegetační plochu lze chránit vrstvou štěrkového mulče 8–11 o mocnosti 50 mm. Tím se zabráni odpařování a omezí se růst plevelů. Pokud bude plocha oseta trávničkem, není mulč potřebný.

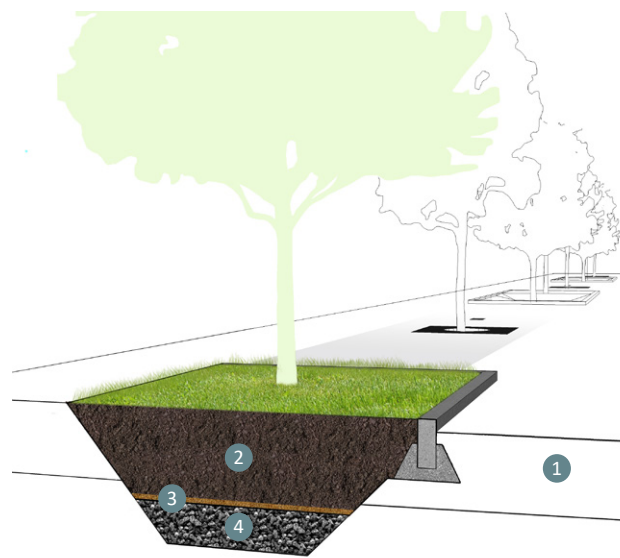
Vyšší nároky



- 1 Konvenční skladba souvrství
- 2 Výsadbový substrát
- 3 Kokosová rohož a separační vrstva
- 4 Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat pemzu nebo biouhel
- 5 Otevřená podkladní vrstva; pokud je přáním zlepšit pěstební podmínky pro vegetaci, lze přidat pemzu

▲ Obr. 30. Vegetační plocha na podzemní rýze s otevřeným podkladem v při obecně vyšších nárocích. Plochu lze také zatravnit.

Nižší nároky



▲ Obr. 31. Vegetační plocha na otevřené podkladní vrstvě v podmínkách obecně nižších nároků. Plochu lze také osadit trvalkami a keři.

Vegetační plocha na podzemní rýze se otevřeným podkladem. Amanuengsgatan, Rosendal, Uppsala ▶



6.4 Materiály

Tato kapitola pojednává o různých materiálech používaných v BGG systému.

6.4.1 Hrubé drcené kamenivo v otevřené podkladní vrstvě

Aby byla podkladní vrstva otevřená (propustná) a tudíž přístupná pro dešťovou vodu a kořeny rostlin, je tvořena hrubým drceným kamenivem, u kterého je prachová a jemná frakce zcela odstraněna přesetím. Podkladní vrstva, která se skládá z hrubého drceného kameniva je následně označována jako otevřená podkladní vrstva. Vhodné velikosti frakcí jsou například 4/90, 16/90, 32/63 nebo 32/90. Lze použít i hrubé drcené kamenivo 90/150, to je však mimo rozsah této příručky. Další informace lze získat v publikaci Výsadba stromů ve Stockholmu - příručka 2017 (viz. český překlad publikace nebo Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok 2017).

Drobné frakce drceného kameniva vytvářejí mezi jednotlivými kameny menší mezery. Tyto póry jsou tak malé, že proudění dešťové vody a výměnu plynů potlačují na zanedbatelnou úroveň. Pokud je proud příliš nízký, nelze materiál použít k retenci, protože voda do něj nebude schopna vniknout dostatečně rychle. Použitím hrubého drceného kameniva větších frakcí jako základního materiálu podzemní rýhy dojde k vytvoření struktury s velkou pórovitostí usnadňující rychlejší proudění vody a výměnu plynů a zároveň splňující požadovanou nosnost pro konstrukce. Ve výplni podzemní rýhy nefunguje princip kapilárního vztlínání. Tím se zabrání tvorbě ledových čoček, které by mohly způsobit objemové změny, praskání a zvedání povrchu terénu. Veškerá zadržaná voda je odvedena do 24 hodin poté, co dešť ustane.

Otevřená podkladní vrstva se pokládá v několika vrstvách o síle maximálně 250 mm. Každou vrstvu je před položením další vrstvy nutno řádně ztuhnout. Nedostatečné ztuhnoutí je u zpevněných ploch hlavní příčinou sedání. V závislosti na primárních funkcích jsou používány různé rozsahy frakcí (např. pro podporu nosnosti, prokořenitelného prostoru nebo retence). Pokud je například důležitá nosnost a retence dešťové vody vtékající do prostoru svle, lze použít drcené kamenivo frakce 4/90. Pod vegetačními plochami, kde jsou upřednostňovány retenční funkce a funkce prokořenitelného prostoru se preferuje drcené kamenivo frakce 32/63. U ploch, kde jsou vyžadovány všechny tři funkce, lze použít drcené kamenivo frakce 16/90. Jedním z faktorů ovlivňujících výběr frakce je rozsah frakce

sousedního materiálu. Při zohlednění tohoto faktoru je možno lépe zabránit sufrozi a usazování částic. Postupnou změnou velikosti frakcí bude přechod z jedné vrstvy do další minimální a menší částice budou překrývat větší póry hrubšího materiálu. Pomocí tabulky č. 1 je znázorněn příklad mezních hodnot velikostí frakcí použitelných v BGG systémech s různým účelem.

Někdy se do vrstev otevřeného podkladu přimíchávají materiály zlepšující schopnost čištění a podporující prokořeňování – viz kapitola 6.4.3.1. Obsah živin a množství dalších přísad určuje požadavek růstu, čištění a retence vody pro konkrétní systém.

	Prioritní funkce a doporučený rozsah frakce (v mm)		
Vrstva	Retence/ nosnost	Retence/ nosnost/ prokořenitelný prostor	Prokořenitelný prostor/retence
	Propustný povrch	Nepropustný povrch	
Horní otevřená podkladní vrstva	4/32	0/32	(výsadbový substrát)
Spodní otevřená podkladní vrstva	4/90, 22/90	4/90, 22/90	32/63, 22/90, 32/90



Tabulka č. 1: Příklad vhodných rozsahů velikostí frakcí pro BGG systémy s různým účelem. Všechny velikosti frakcí jsou uvedeny v mm.

6.4.2 Geotextilie

Geotextilie se používá k udržení jemného materiálu mimo BGG systémy, který jinak může způsobit ucpání systému a zhoršení jeho funkce. Zakrytí geotextilií je vhodné u všech částí systému obsahujících jemný materiál (obvyklé záspy jam). V závislosti na složení okolní půdy může být nutné zakrýt systém také na dně a po stranách.

Pro prostory pod vsakovacími tunely (viz část 6.6.5, s. 57) je vhodné použít odolnou tkanou textilii. Textilie v těchto místech musí vydržet síly generované proplachováním komor při čištění nahromaděného sedimentu.

6.4.3 Prokořenitelný prostor

Jako prokořenitelný prostor u BGG systému slouží výsadbové substráty společně s otevřenou podkladní vrstvou s příměsí biouhlu a do určité míry také podloží a okolní materiál.

6.4.3.1 Výsadbové substráty

Výsadbovými substráty je myšlen materiál použitý v záhonech nad podzemní rýhou s otevřeným podkladem. U záhonů v BGG systémech se musí počítat se specifickými požadavky na propustnost, proces výstavby a nutnost čištění srážkové vody. Běžně dostupné půdy nejsou pro použití vhodné. Pokud není požadována vysoká rychlost vsakování je možné využít půdu kategorie B dle definice švédské AMA příručky či půdu s více než 70% obsahem písku.

Srážková voda protéká výsadbovým substrátem v průlehu do podzemní rýhy. Aby se zabránilo vymývání substrátu a jejího odnosu vodou, měl by být substrát složen z částic o takové velikosti, která zajistí, že se částice vzájemně zafixují na místě a póry neprojdou do dalších vrstev.

Jsou-li splněny podmínky uvedené v tabulce 2, ve smyslu rozdílů textur mezi výsadbovými substráty a podkladem, nastane propojení a jednotlivé materiály se do sebe "zamknou". Doporučené výsadbové substráty založené na drobném drceném kamenivu (např. 2-4 mm) jsou oproti běžným zeminám odolnější během realizace stavby vůči nesprávné manipulaci. Výsadbový substrát na bázi drobného drceného kameniva s nízkým obsahem částic jílu a normálním až nízkým obsah organických materiálů je odolnější vůči poškození zhutněním, zasolením nebo zamokřením.

S cílem snížit spotřebu zdrojů a množství dopravy, může být žádoucí znovu využít stávající půdu. V tomto případě by mělo být použití zeminy omezeno na sousední plochy zeleně, aby se zabránilo nestandardnímu fungování nebo ucpání systému. Zemina by měla být oddělena od podzemní rýhy respektováním parametrů uvedených v Tabulce 2. Nesprávná manipulace

a skladování půdy může poškodit její strukturu, což může následně vyžadovat její nakypření či doplnění zlepšujícími látkami.

Výkonový faktor	Doporučení
Faktor přemostění	D ¹⁵ (podkladový materiál) menší nebo roven 5 X D85 (nad drobnějším materiálem)
Faktor propustnosti	D ¹⁵ (podkladový materiál) větší nebo rovný 5 X D15 (nad drobnějším materiálem)

▲
Tabulka č. 2: Doporučení pro podkladovou strukturu materiálu a připojení k drobnějším materiálu výše tak, aby se navzájem fixovaly.

Další informace o biouhlu a certifikátech viz.
www.biokol.org a
www.european-biochar.org/en



▲ V levé ruce je biouhel, který prošel pyrolýzou. Vpravo je vstupní surovina, v tomto případě peletovaný organický materiál.

6.4.3.2 Biouhel a jiné možnosti zlepšení

vlastností výsadbového substrátu a čištění vody

Pro zlepšení vlastností otevřené podkladní vrstvy a výsadbového substrátu z hlediska výsadby a čištění vody je možné přimíchat biouhel, pemzu, zeolit a kompost. Schopnost biouhlu vázat živiny se používá v systémech BGG k čištění dešťové vody. Množství živin přinášejících dešťovou vodou do záhonu zajišťuje jejich neustálé doplňování a tím pádem prosperující vegetaci. V místech výsadby, která nejsou zásobována srážkovou vodou stejně intenzivně jako systémy BGG, se mohou objevit projevy nedostatku živin. V těchto místech se používá biouhel, který byl o živiny předem obohacen.

Použitím výsadbového substrátu s biouhlem, kompostem a pemzou se srážky v substrátu zadržují a jsou k dispozici vegetaci. Protože biouhel a pemza jsou porézní, jejich velký objem pórů zvyšuje vododržnost při zachování dobré propustnosti.

Biouhel se vyrábí z organických odpadních materiálů pyrolýzou nebo zahřátím při anaerobních podmínkách. Proces probíhá za vysokých teplot, které způsobují odstranění kontaminantů, jako jsou těžké kovy a PAH1, které se vypaří. Biouhel má porézní strukturu, která mu dává schopnost vázat vodu, živiny a znečišťující látky, což prospívá rostlinám i mikroorganismům. Díky pomalému rozkladu funguje také jako dlouhodobé úložiště uhlíku.

Použitá surovina a způsob, jakým proces pyrolýzy probíhal, do značné míry ovlivňují vlastnosti produkovaného biouhlu. Především jeho vzhled, velikost, obsah živin, pH, strukturu, množství a velikost pórů, hladinu kontaminujících látek, sorpční schopnost a další. V současné době se nevyrábí žádný biouhel, který je

optimalizován pro systémy BGG. Projekt Vinnova "Rest till Bäst" studuje způsoby, jak v této oblasti získat více znalostí. Mezitím se doporučuje používat certifikovaný biouhel, aby byla zajištěna vysoká kvalita a použití vhodných výrobních metod a materiálů. Evropský certifikát biouhlu (EBC) pracuje na certifikaci biouhlu. Při výběru biouhlu pro projekt sledujte webové stránky EBC.

Schopnost biouhlu vázat kontaminující látky se časem snižuje. Vegetace, která díky biouhlu lépe prosperuje, však přispívá ke zvýšené účinnosti čištění. Současně do systému neustále vstupují nové materiály ve formě jemného sedimentu a humusu (tvorbou kořenové biomasy a mikro / makro edafonu), které umožňují navázání dalších znečišťujících látek. Je zapotřebí dalšího výzkumu, aby se zjistilo, jak tyto procesy fungují a jak rychle se objevují. U nových systémů BGG existuje riziko, že biouhel, stejně jako další drobné částice, jako je kompost, pemza a další, které jsou s ním smíchány, jsou odplaveny dešťovou vodou a mohou recipient obohatit živinami. Když je už systém plně funkční tj. když se vyvinou kořeny stromů a mikroedafon, toto riziko se redukuje. Těto nepříjemnosti lze také zabránit instalací filtru, který může tyto malé částice zachytit před vtokem do recipientu .

¹ Polycyklické aromatické uhlovodíky. Karcinogenní látky, které se vyskytují během spalování

6.5 Zásady odvodňování

Existují dva hlavní principy odvodnění BGG systému: perkolací do podloží a odtokem do dešťové kanalizace. V závislosti na způsobu uložení drenážního potrubí lze principy kombinovat. Zvolená varianta závisí mimo jiné na propustnosti podloží (koeficientu vsaku), nárocích zeleně na vodu a limitech vsakování v dané oblasti.

6.5.1 Vsak do horninového prostředí

Pokud je dešťová voda relativně čistá a podloží je bez kontaminace a z materiálu, který umožňuje perkolaci, může podloží pod podzemní rýhou zůstat obnažené. Dešťová voda tak může prosakovat a doplňovat zásoby podzemní vody. Rychlost vsaku podložím určuje, jak rychle dojde k vyprázdnění podzemní rýhy.

Příliš rychlý průběh vsaku se nedoporučuje, protože se tím snižuje množství vody, které se dostane do prostoru pro vegetaci a tento prostor pak příliš rychle vysychá.

Při výpočtu odvodňovací kapacity vsakem do podloží je nutno počítat s faktem, že v průběhu času může dojít k ucpání (kolmataci) povrchové vrstvy sedimentem.

Nazorná ukázka zásad odvodňování je k vidění ve filmu k BGG systému na www.bluegreengrey.se



▲
Figur 40. Snímek z filmu o BGG systému. BGG systémy umožňují vsakování velkého množství vody a její perkolace do země, kde se z ní stává voda podzemní.

6.5.2 Odvodňování a regulovaný odtok

Prázdňení podzemní rýhy probíhá obvyklými způsoby, např. drenážním potrubím, přes vsakovací tunely, případně drenážními otvory na boku šachty. K úpravě rychlosti prázdňení poskytuje systém BGG možnost použití regulačních šachet a regulátorů odtoku podle určení systému. Více informací viz část 6.2.6 Regulace průtoku vody, str. 38, a dále obr. 17–20, s. 39–42. Při nutnosti ochrany podzemních vod lze v místech bez možnosti vsakování dno a boky systému utěsnit geomembránou. V tomto případě bude voda vypouštěna pouze potrubím do regulačních šachet.

6.5.3 Akumulace srážkové vody

Akumulace srážkové vody se vytvoří nastavením úrovně odtoku v systému několik decimetrů nad dnem podzemní rýhy. Tím se voda na dně zadrží po delší dobu a je lépe využitelná rostlinami. Vodou v akumulární zóně lze přispět i ke zlepšení saturace celého systému a tím opět ke zlepšení podmínek pro zeleň. Tento efekt lze ještě posílit vytvořením malých příčných hrázek (valů) uvnitř zóny. Těmito hrázkami je zabráněno stékání vody do nejnižšího bodu systému, takže se rozprostře po větší části povrchu dna. Kromě hrázek lze budovat i přerušení, jež rozdělují souvislé pásy podzemní rýhy na dílčí sekce, hrázky mají ovšem výhodu v možnosti nastavení jejich výšky v rámci systému. Další informace o přerušení viz část 6.3.4.

Při delším setrvání vody v akumulární zóně zde mohou nastat anaerobní podmínky. Toto prostředí je příznivé pro mikroorganismy, které mohou dešťovou vodu čistit přeměnou složitých organických znečišťujících látek na jednodušší a méně škodlivé sloučeniny.

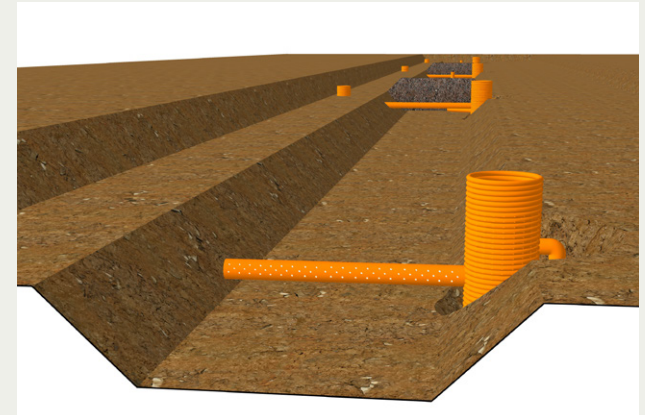
6.6 Komponenty BGG systémů

Vývoj v této oblasti probíhá rychle a během výstavby dostáváme od provozovatelů a správy zařízení neustále zpětnou vazbu. Nejnovější informace o komponentech najdete na internetových stránkách bluegreengrey.se.

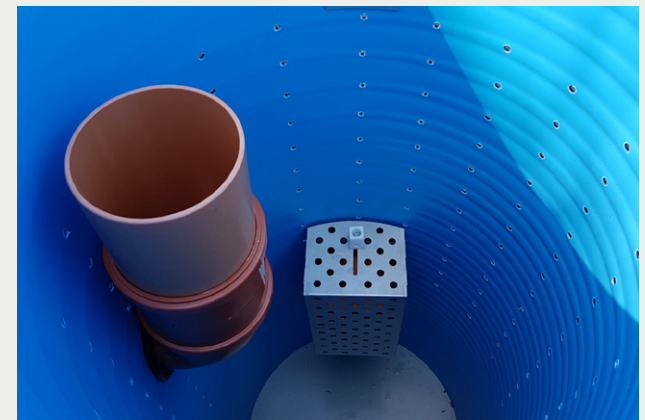
6.6.1 Regulační šachty

Regulační šachty slouží k regulaci odtoku vody z podzemní rýhy a kanalizačních stok. Voda proudí dovnitř šachet a ven potrubím nebo perforací ve stěnách šachty. V šachtách lze rovněž shromažďovat vodu z okolních střech. Odtok se reguluje regulátory odtoku. Množství vypouštěné a vypouštěné vody lze kdykoli upravit změnou nastavení regulačního prvku. Díky tomu je regulace průtoku vody jednoduchá a provádění údržby a odstavení při výkopových pracích snazší.

U spojitých pásů podzemní rýhy jsou regulační šachty nejčastěji umístěny v nejnižším bodě každé jednotlivé sekce. Tímto způsobem se rýhy vyprázdňují pomocí gravitace. Aby v případě zatopení nedošlo k poškození a přetížení systému, odvádí se dešťová voda bezpečnostním přepadem přímo do dešťové kanalizace.



Obr. 33. Na obrázku je znázorněna regulační a odtoková šachta a odtokové a rozvodné potrubí před doplněním otevřené podkladní vrstvy.



Vnitřek regulační šachty. Stěny šachty jsou perforované, aby jimi mohla procházet voda a vzduch. Uprostřed obrázku je ochranná mřížka regulátoru odtoku. Vlevo je vidět oranžová přepadová trubka.



▲ Připojování vsakovacího tunelu k regulační šachtě. Tkanou geotextilií se brání průniku sedimentu do prostoru podzemní rýhy.



▲ Vyplachování vsakovacího tunelu pro odstranění sedimentu.

6.6.2 Větrací šachty s přítokem dešťové vody

Větrací šachty s přítokem dešťové vody se umísťují na úrovni svodnic a odtokových bodů, kde se shromažďuje dešťová voda. Umožňují výměnu plynů v rámci systému stejným způsobem jako regulační šachty, nejsou ale vybaveny bezpečnostním přepadem a regulací odtoku. Dešťová voda je namísto toho vedena přímo do prostoru podzemní rýhy perforací na bocích šachty, do vsakovacích tunelů nebo do regulačních šachet, uzavřeným potrubím nebo drenážním potrubím. Pokud je použito drenážní potrubí, prosakuje voda během své cesty do regulační šachty do podzemní rýhy. Boky větrací šachty jsou perforované a při připojení k drenážnímu potrubí může výměna vzduchu probíhat v celé podzemní rýze.

6.6.3 Větrací šachty

Boky větracích šachet jsou opatřeny perforací, avšak bez napojení na regulační šachty nebo dešťovou kanalizaci. Výměna vzduchu z podzemní rýhy probíhá víkem šachty. Perforovanými boky šachty pak může proudit z otevřené podkladní vrstvy ven.

6.6.4 Umístění šachet

Potřeba regulačních či větracích šachet závisí na tom, jak je systém BGG navržen. Pokud je půda kolem systému velmi kompaktní, může každá sekce potřebovat vlastní šachty. Pokud systém tvoří souvislý pás podzemní rýhy, může být postačující rozvržení šachet způsobem popsaným níže.

6.6.5 Vsakovací tunely (doplňkové vybavení)

Vsakovací tunely jsou potřebné, pokud je dešťová voda odváděna z povrchu s obsahem velkého množství sedimentu (například oblast s vysokou dopravní zátěží) přímo do prostoru podzemní rýhy.

Vsakovací tunely jsou plastové a poloválcovitého tvaru. Zakopávají se do země. Voda, která je do nich vedena, znovu prosakuje ven perforací ve stěnách tunelu nebo je filtrována geotextilií. Tím dochází k oddělení sedimentu od dešťové vody a zabránění pronikání tohoto materiálu do podzemní rýhy. Vsakovací tunely jsou napojeny na regulační šachty a z nich je lze v případě nahromadění příliš velkého množství sedimentu proplachovat (viz obrázky na této stránce). Na dno tunelů se pokládá obzvláště odolná tkaná geotextilie, která vydrží síly generované při jejich čištění.

6.6.6 Filtry pro šachty (doplňkové vybavení)

Filtry pro šachty mohou být nutnou součástí systému v případech, že přítékající voda obsahuje mnoho sedimentů či specifický druh znečištění. Tato příručka se jimi však nezabývá.



6.7 Výběr vegetace pro BGG systém

Pro zajištění dlouhodobé životaschopnosti a udržitelnosti vegetace v našich ulicích je důležité vybrat rostliny adaptované na dané místo. Požadavky na rostliny v BGG systému se příliš neliší od konvenční výsadby podél veřejných komunikací. Rostliny musí být adaptovány na rozličné druhy environmentální zátěže. U BGG systému to znamená, že rostliny musí vydržet delší období sucha, krátké období se stojící vodou a také nižší zásobu živin. Pojem „dešťová zahrada“ (synonymum pro průleh) by neměl svádět k domněnce, že se zde nachází stále zamokřené vegetační prostředí. Na druhou stranu může velmi rychle dojít k naplnění průlehu (dokonce i při menších deštích – protože průlehy jsou mnohem menší než celková odtoková plocha). Například pokud spadne 5 mm srážek a průleh představuje 5 % odtokové plochy, dostane se do něj objemově 100 mm vody na metr čtvereční. Pro vláhové podmínky v BGG systémech jsou obvykle vhodné rostliny, které přirozeně rostou v oblastech s kolísající hladinou podzemní vody nebo jsou odolné vůči širokému spektru stresových faktorů (mají širokou ekologickou amplitudu).

Stojící voda je pro mnoho rostlin problematická, protože zapříčiňuje nedostatek kyslíku v půdě. Pro kořeny je škodlivý jak nedostatek kyslíku, tak přebytek plynu uvolněného anaerobním rozkladem a přebytek oxidu uhličitého. Toto poškození vede ke sníženému příjmu vody a živin, projevuje se tedy jako poškození rostliny suchem a má za následek horší zakořenění. S kratší dobou stojící vody si však většina rostlin poradí, zvláště během období vegetačního klidu, kdy jsou ve fázi dormance a nejsou tolik ovlivňovány okolím. Průleh, do kterého se dostane hodně vody z tání sněhu, je vhodným prostředím pro

zdravé rostliny, pokud voda opadne, než dojde k jarnímu nárůstu teplot a k zahájení aktivity kořenů.

Je výhodné vybrat druhy rostlin, které si i v zimě zachovávají atraktivní olistění. Díky izolační schopnosti nadzemní biomasy se tyto druhy lépe vyrovnávají s námrazou, a nadále tak může probíhat výměna plynů a vsakování dešťové vody, což udržuje estetickou i biologickou hodnotu. Obecně platí, že BGG systémy svou strukturou podporují vysokou míru výměny plynů a umožňují zdárný růst a rozvoj mikroskopických organismů. Účinná symbióza mezi rostlinami a těmito organismy přispívá k většímu příjmu živin a vody, což zase podporuje růst dřevin.

Při výběru rostlin pro průlehy je třeba pamatovat na to, že se budou nacházet pod úrovní okolního terénu. To znamená, že bude výhodné zvolit odrůdy vyššího vzrůstu, aby byly viditelné pro kolemjdoucí. Vhodné jsou rostliny se spíše vyššími a tuhými stonky. Vyšší rostliny se také lépe vyrovnávají se stojící vodou, protože určité části rostliny budou vždy nad vodní hladinou. Pevné stonky lépe odolávají proudům vody.

Na další stránce je uveden přehled rostlinného materiálu vhodného pro BGG systémy s obsahem štěrkových výsadbových substrátů a souvrství na bázi štěrku.

Je důležité, aby rostliny v BGG systému byly schopné vydržet delší období sucha, krátká období stojící vody a nízkou zásobu živin.

TRVALKY

Achillea spp.
 Agastache spp.
 Anaphalis triplinervis
 Anemone coronaria
 Anemone sylvestris
 Anemone tomentosa 'Robustissima'
 Artemisia Schmidiana
 Aster macrophyllus 'Twilight'
 Aстранtia major 'Shaggy'
 Bistorta amplexicaulis
 Brunnera macrophylla
 Calamintha nepeta
 Ceratostigma plumbaginoides
 Coreopsis verticillata
 Crambe maritima
 Dianthus carthusianorum
 Echinacea spp.
 Eremurus spp.
 Eryngium maritimum
 Euphorbia polychroma 'Bonfire'
 Gaura lindheimeri
 Geranium spp.
 Gypsophila paniculata
 Helianthus salicifolius
 Helleborus spp.
 Hemerocallis spp.
 Hosta 'Purple Heart'
 Hylotelephium spp.
 Iris spp.
 Knautia macedonica
 Liatris pycnostachya
 Lychnis flos 'Cuculi'
 Lythrum salicaria
 Nepeta faassenii
 Oregano 'Herrenhausen'
 Persicaria spp.

Persicaria Amplexicaulis
 Phlox spp.
 Potentilla nepalensis
 Potentilla tridentata 'Nuuk'
 Pulsatilla vulgaris
 Salvia nemorosa 'Sensation rose'
 Sanguisorba officinalis
 Sanguisorba tenuifolia
 Scabiosa ochroleuca
 Thalictrum spp.
 Tricyrtis hirta
 Verbascum chaixii 'Album'
 Verbena spp.
 Veronica longifolia 'Blauriesin'
 Veronica spicata
 Veronicastrum virginicum 'Album'

CIBULOVINY

Allium carinatum ssp. pulchellum
 Allium sphaerocephalon
 Allium flavum
 Allium 'Purple Sensation'
 Anemone blanda 'White Splendours'
 Camassia chamach
 Camassia leichtlinii 'Alba'
 Crocus ancyrensis
 Crocus tommasinianus
 Galanthus elwesii
 Hyacinthoides hispanica
 Hyacinthoides hispanica 'Excelsior'
 Narcissus 'February Gold'
 Narcissus 'Trena'
 Tulipa maximowiczii



E. maritimum, A. schmidtiana



Verbascum chaixii 'Album'



Verbena spp.

Allium sphaerocephalon

Sanguisorba officinalis





6.7.1 Uchycení rostlin

Štěrkový výsadbový substrát pro systémy BGG může po založení vysychat více než běžné substráty. Z toho důvodu je, pokud málo prší, nutná pravidelná záливka až do doby, než rostliny zakoření a zapojí se. Při výsadbě dřevin mimo vegetační sezónu je důležitá záливka brzy na jaře. Tím je zajištěna dostatečná vlhkost v substrátu před olistěním, kdy je voda potřebná pro správný vývoj dřeviny. Zalévání musí být vydatné a časté, aby substrát kolem kořenových balů během zakládání nikdy neproschnul.

Z naší zkušenosti s pěstováním rostlin v systémech BGG doporučujeme, aby stromy vysazované v tomto typu pěstebního média měly dobře vyvinutý kořenový systém. Mohou být předpěstovány v takzvaných kořenových vacích (root control bag nebo air pot). V oblastech s chladnou zimou je třeba vyhnout se výsadbě na konci podzimu.

Šachty zásobují prokořenitelný prostor kyslíkem, odvádějí škodlivé plyny a vedou vodu přímo ke kořenům rostlin. Kombinace těchto principů s dobrým výběrem rostlin zajistí vynikající podmínky pro zdravou a krásnou zeleň. Žádné rostliny však nevyužijí svůj přirozený potenciál, pokud nejsou vegetační prvky dobře založeny. V období bezprostředně po výsadbě rostliny potřebují údržbu, převážně dodávku vody, kterou si prozatím nemohou samy obstarat.

Pokud se rostliny na stanovišti dobře ujmou, potom v systémech BGG velmi dobře prospívají, což vede k jejich rychlému růstu. Mají-li rostliny zdravý kořenový systém, mohou vyrůst do velkých rozměrů, obzvláště stromy

a keře. S tímto faktem je také třeba počítat při výběru sortimentu. Správnou volbou sortimentu můžeme ovlivnit četnost péče, u dřevin např. potřebu řezu. Jinými slovy, určitě nevybíráme odrůdy dorůstající rozměrů, které neodpovídají dané lokalitě.

Na další stránce je návrh vhodného rostlinného materiálu pro systémy BGG s obsahem štěrkového výsadbového substrátu a souvrství na bázi štěrku.

Štěrkový výsadbový substrát pro systémy BGG může mít po založení nižší obsah vody než běžná půda, pokud tedy málo prší, je nutné rostliny pro dobré zakořenění po výsadbě dostatečně zalévat.

Výsadba stromů v propustné zpevněné ploše na podzemní rýze s oteřeným podkladem. Växjö



STROMY

Acer x freemanii 'Autumn Blaze'
 Acer negundo
 Acer rubrum 'Red Sunset'
 Acer saccharinum
 Acer tataricum
 Alnus cordata
 Alnus glutinosa
 Alnus incana
 Alnus x spaethii
 Betula pendula
 Betula pubescens
 Catalpa bignonioides
 Cedrus sp.
 Celtis occidentalis
 Cercidiphyllum japonicum
 Elaeagnus angustifolia
 Fraxinus angustifolia
 Fraxinus excelsior
 Fraxinus ornus
 Ginkgo biloba
 Koelreuteria paniculata
 Liquidambar styraciflua
 Metasequoia glyptostroboides
 Paulownia tomentosa
 Pinus heldreichii
 Pinus sylvestris
 Pinus nigra
 Platanus x hispanica
 Prunus cerasifera
 Prunus padus
 Prunus virginiana
 Pterocarya sp.
 Pyrus sp.
 Salix alba var. Chermesina
 Salix caprea
 Sorbus aria
 Sorbus frutescens FK ÅS E
 Sorbus intermedia
 Sorbus terminalis
 Styphnolobium japonicum
 Taxodium distichum
 Tilia tomentosa
 Zelkova serrata

KEŘE

Aronia sp.
 Amelanchier sp.
 Buddleja davidii sp.
 Callicarpa bodinieri var. giraldii
 Cornus sp.
 Cotinus coggygria 'Grace'
 Crataegus monogyna
 Crataegus sp.
 Dasiphora fruticosa
 Diervilla lonicera
 Frangula alnus
 Hedera helix 'Arborescens'
 Hippophaë rhamnoides
 Hydrangea arborescens
 Lonicera caerulea var.
 kamtschatica ANJA E
 Myrica gale
 Parrotia persica
 Physocarpus opulifolius
 Pyracantha coccinea 'Anatolia'
 Rhus glabra 'Laciniata'
 Rosa glauca
 Rubus odoratus
 Rubus parviflorus
 Salix purpurea
 Salix rosmarinifolia
 Salix viminalis
 Spiraea sp.
 Syringa sp.

TRÁVY

Ammophila arenaria
 Calamagrostis acutiflora 'Overdam'
 Calamagrostis epigeios
 Carex arenaria
 Carex pilosa 'Copenhagen Select'
 Imperata cylindrica
 Juncus effusus
 Molinia caerulea 'Edith Dudsusz'
 Panicum amarum
 Pennisetum spp.
 Phalaris arundinacea 'Picta'
 Sesleria spp.
 Stipa gigantea

6.8 Výzvy

Níže porovnáváme systémy BGG s tradičním uspořádáním ulic- tj. ulic, kde modrá, zelená a šedá infrastruktura nefungují společně, ale místo toho je dešťová voda směřována přímo do recipientu prostřednictvím uličních vpustí a kanalizace.



PLÁNOVÁNÍ PROJEKTU

Systémy BGG vyžadují větší odbornost projektanta, jelikož je nutná znalost samotného systému ale i navazujících technických oborů najednou. Je rovněž nutná spolupráce s dalšími dotčenými oblastmi, aby bylo zajištěno, že prostor (retenční kapacita podzemní rýhy a průlehu) nebude obsazen jinými technickými prvky. To by mohlo být problematické z hlediska snížení objemu například u záspy kolem základů pro sloupky osvětlení, dopravní značky nebo u protínajících vedení technického vybavení.

Vedení technického vybavení, které prochází otevřenou podkladní vrstvou a způsobuje přerušení BGG systému, může do systému vnášet vážné finanční komplikace, takže je velmi důležité v projektu tato vedení se systémem BBG koordinovat. Obdobné komplikace mohou nastat v souvislosti s fundamenty technických prvků jako jsou základy pro sloupky osvětlení, koše, cedule aj., které mohou ovlivnit průtok vody v případě, že je přidělený úsek systému BGG příliš úzký a nelze rozšířit v důsledku další technické infrastruktury v okolí. Všechny tyto aspekty je nutné zahrnout do počáteční fáze projektu.



ÚDRŽBA

Znalosti o tom, jak provozovat a udržovat systémy BGG se shromažďují několik let. Některé prvky systému už byly v posledních 5- 30 letech implementovány. Podmínky pro zeleň v systémech BGG jsou zpravidla lepší a vedou k lepšímu růstu než u tradičních výsadeb ve veřejném prostoru, na parkovištích a v ulicích. Péče o zeleň v systémech BGG je podobná jako u konvenčních vegetačních ploch.

V některých městech a obcích absolvují pracovníci údržby před převzetím BGG systému krátké vzdělávací kurzy, což zvyšuje jejich jistotu pro správné provedení prací a zajišťuje správnou funkci systému. V systému BGG se nachází více komponentů než u tradičních výsadeb. Lze předpokládat, že dojde ke zvýšení četnosti údržby vodohospodářských prvků (šachty, potrubí a vsakovací tunely), což je však vyváženo mnohem větším retenčním a čistícím účinkem než v tradičním systému odvodnění.



ČAS

Ve srovnání s tradičními ulicemi a vodohospodářskými systémy, navrhování i vybudování BGG systému trvá delší dobu. Proces také může být komplikovanější ve stávajících zastavěných oblastech oproti nové výstavbě, protože je třeba dohlížet na vícero parametrů.



ČIŠTĚNÍ

Jak čistou vodu získáme na konci procesu je vzhledem k nedostatku výzkumu týkajícího se úrovně čištění tohoto typu sériově spojených prvků obtížné přesně odhadnout. Existuje riziko, že zpočátku může z biouhlu a kompostu do systému dešťové kanalizace unikat fosfor (během období po založení prvku a předtím, než se rozvine mikroskopický život a vegetace). Z dlouhodobého hlediska však systém fosfor účinně váže a přeměňuje. Aby se zabránilo této počáteční nevýhodě, je možné instalovat do systému nebo po proudu speciální fosforový lapač, který bude tento prvek z dešťové vody zachytávat před jeho vtokem do recipientu.



BUDOUCÍ VÝKOPY

Systém může vyžadovat vyšší pracovní nároky, pokud v budoucnu nastane potřeba realizace výkopů či obnova prvků technické infrastruktury. To platí zejména v případě, že jde o uzavřený systém s hydroizolací, která má zabránit prosakování do podzemní vody. Aby byla zajištěna správná funkce systému i po dokončení prací, měly by být splněny požadavky stanovené v návodu na provoz a údržbu systému. Měla by být také provedena fotografická dokumentace, která prokáže, že rozhodující kroky byly provedeny správně.



VEGETACE

Současná úroveň poznání ohledně taxonů vhodných pro použití v systémech BGG není dostatečná a je třeba se problematikou neustále zabývat a znalosti a zkušenosti doplňovat. Při výběru rostlin je třeba vzít v úvahu, že vegetace může dorůst své plné velikosti, tj. stromy mohou dosáhnout do výšky i šířky až 20 metrů. Výběr velkokoruných stromů může generovat zvýšené nároky na řez oproti současné praxi (zejména redukce od okolních budov). Systém a jeho vegetace obecně zvládají dešťovou vodu obsahující posypovou sůl. Pokud je systém napojen na zdroje vody obsahující velké množství posypových solí, měly by být pro danou oblast vybrány rostliny tolerantní vůči soli.

Další výzvou je, že v systémech BGG se snižuje ochranná vzdálenost mezi kanalizačními komponenty a stromy. Regulační šachty musí být často umístěny v blízkosti stromů. Sběrná a rozvodná potrubí a prvky (drenážní potrubí, vsakovací tunely) jsou z důvodu omezeného prostoru umísťovány i pod stromy. Doposud nebyly zaznamenány žádné případy kořenu stromů rostoucích do kontrolních šachet, nicméně toto riziko tu je.



MATERIÁLY A KOMPONENTY

V současné době je výběr a dostupnost materiálu a komponentů pro BBG systémy u dodavatelů omezenější než u běžných systémů odvodnění. Z

tohoto důvodu může být obtížné zajistit, aby všechny komponenty byly klasifikovány podle aktuální certifikace projektu. Jakmile se systém začne běžněji implementovat, je pravděpodobné, že se zvýší i dostupná nabídka.



SPOLUPRÁCE

Systémy BGG vyžadují pro dosažení dobrého výsledku zdravou spolupráci a koordinaci. To platí po celou dobu trvání projektu a zahrnuje všechny zúčastněné od provozních správců až po konzultanty provádějící plánování. Realizační a provozní smlouvy by měly být uzavírány mezi městskými správci, provozovateli a dodavateli podle toho, jak bude rozdělena odpovědnost. Systémy BGG jsou mezioborovými projekty, které zahrnují několik technických oblastí. Konzultanti by měli vytyčit jasné hranice, aby bylo jasné, jaká technická oblast je zodpovědná za určitý aspekt projektu.



AKTUÁLNÍ ZNALOSTI

Mezi konzultanty a zadavateli mohou existovat mezery ve znalostech a zkušenostech, protože způsob práce se systémy BGG se liší od konvenčních konstrukcí. Všechny účastníky projektu může být nutné vyškolit, a to před, během a po dokončení prací.

Další výzvou je, že na všechny otázky a problémy nemusí vždy existovat dokonalá odpověď. Jedním z rizikových faktorů, kterého jsme si všimli, je ucpávání (kolmatování) podzemní rýhy a regulačních komponentů, které se může projevit, pokud návrh systému nebral v úvahu dostatečné předčištění přiváděných vod



ETAPIZACE VÝSTAVBY SYSTÉMU

Systémy BGG lze rozčlenit do více etap, zejména pokud jsou součástí nové výstavby. Podzemní rýhy, potrubí a šachty jsou instalovány na začátku prací a poté jsou pokryty ložní vrstvou (stmelenou či nestmelenou), zatímco na staveništi probíhá další výstavba. Jakmile je systém položen, je obtížné jej přesunout, ale je možné položit nový systém, který lze připojit ke stávajícímu. Změnám a úpravám se dá vyhnout, pokud máme při zahájení stavby BBG systému tzv. „zafixované“ řešení, do kterého byly zahrnuty všechny klíčové parametry (např. analýza provozu týkající se poloměrů otáčení dimenzovaných vozidel, zajištění přiměřeného množství parkovacích míst pro osoby ZTP atd.). Až do dokončení povrchových vrstev je však možné upravit polohu a rozsah různých konstrukcí na úrovni terénu.

6.9 Dopady

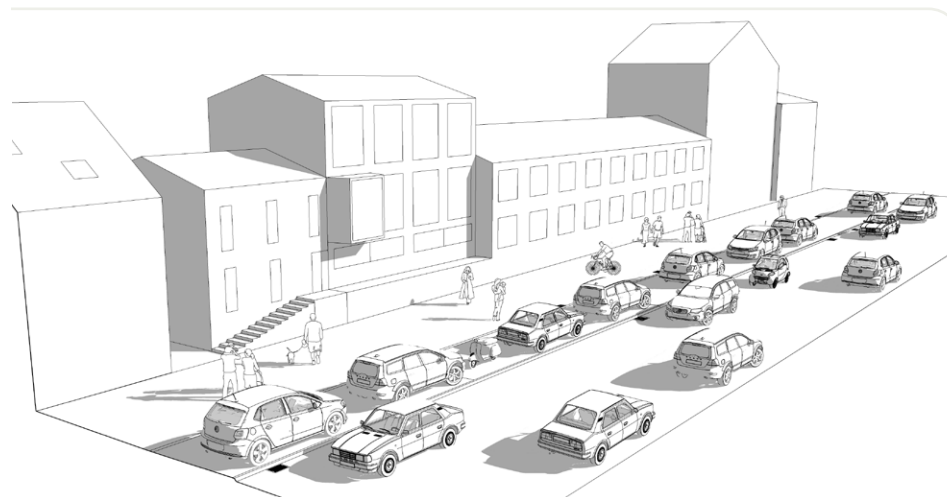
Všechny příklady v této kapitole jsou založeny na souvislém pásu BGG systému s vyššími nároky.

ULICE SE SYSTÉMEM BGG



Uliční prostor je zaměřený na člověka a prosperující zeleň; vzniká tak atraktivní a odolná ulice s příjemným mikroklimatem. Odvodnění zajišťuje systém BGG, který lze realizovat, i když je 95% ulice pokryto zpevněným povrchem. Ulice je dimenzována na 2. stupeň dopravního zatížení.

ULICE S KONVENČNÍM SYSTÉMEM ODVODNĚNÍ



Uliční prostor zacílený na automobilovou dopravu bez výrazné zeleně. Modrá, zelená a šedá infrastruktura je vzájemně oddělena. Odvodnění je provedeno tradičními metodami, kdy je voda směřována do kanalizace a kanalizačním potrubím následně rovnou k recipientu. Ulice je dimenzována na stupeň 2. dopravního zatížení.

VLIV NA SNÍŽENÍ OXIDU UHLÍČITÉHO ZA POMOCÍ BIOUHLU

V systému BGG lze použitím certifikovaného biouhlu uskladnit CO₂ v množství 135–300 tun CO₂e/ha.

Přečtěte si více (v angličtině) na:
<https://bluegreengrey.edges.se/article/urban-space-as-carbon-sink/>



**Možné snížení:
135-300 tun CO₂e/ha**



Žádné snížení

Bez použití biouhlu - bez vlivu na snížení množství oxidu uhličitého.

ULICE SE SYSTÉMEM BGG

VLIV NA PRŮTOK VODY

Tok dešťové vody je zpomalen v plochách zeleně a zároveň je rychlost průtoku řízena regulátory odtoku v regulačních šachtách. To má za následek regulovaný odtok dešťové vody 5-30 l/s/ha včetně klimatického faktoru 1,25.



Průtok vody není zpomalen. Odtok dešťové vody z prostoru celé ulice je směřován do dešťové kanalizace bez regulace. Desetiletý déšť (trvajících 10 minut) může představovat odtok až 250 l/s/ha.

VLIV NA ZADRŽENÍ VODY

Systém je dimenzován na minimálně 30-leté srážky včetně klimatického faktoru 1,25. Systém dokáže zadržet v retenčních 40–100 mm srážek z ulice včetně předzahrádek a až 50% odtoku ze střech okolních nemovitostí.



Kanalizační systém je tradičně dimenzován na 2 až 10-leté srážky a postrádá schopnost zadržovat vodu v místě jejího dopadu.

VLIV NA ZNEČIŠTĚNÍ

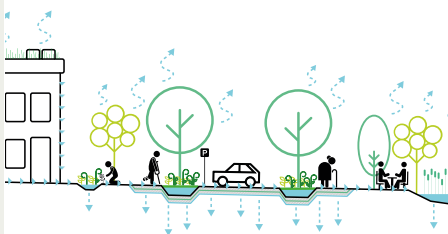
Průlehy mají prokazatelný vliv na čištění vody. V současné době probíhají studie měření úrovně čištění v systémech BGG. Systémy BGG čistí vodu pomocí biouhlu, kořenů rostlin, mikrobiotického života, filtrace a sedimentace a obecně lze očekávat, že efekt pročištění bude minimálně 70-80%.



Žádné čištění. Srážková voda je odváděna z oblasti nepřečištěná.

ULICE SE SYSTÉMEM BGG

Infiltrace dešťové vody do horninového prostředí systému BGG má za následek průběžné doplňování podzemní vody, čímž se zvyšuje dostupnost vody pro zeleň. Zároveň s tím se zmenšuje riziko sesedání terénu v důsledku snížené hladiny podzemní vody. Sedání horninových vrstev může vést až k popraskání fasád a konstrukcí budov.



VLIV NA VÝŠKU HLADINY PODZEMNÍ VODY

ULICE S KONVENČNÍM SYSTÉMEM ODVODNĚNÍ

Absence vsaku srážek do podzemní vody způsobuje snížení její hladiny, což může způsobit nákladné poškození budov.



VLIV NA OBJEM PROKOŘENITELNÉHO PROSTORU A PŘÍSTUP ZELENĚ K VODĚ

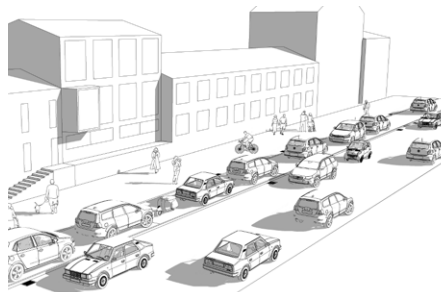
Prokořenitelný prostor je v systémech BGG nejméně 15 m³ na strom, často však mnohem větší. Do prokořenitelného prostoru lze nasměrovat odtok ze střecha a zlepšit tak přístup k vodě i během sucha. Systém je upraven tak, aby v budoucnu mohl sbírat městskou vodu (drenážní a šedou).



Obvyklá výsadba stromů ve zpevněných plochách, kdy je připravený prokořenitelný prostor pouze 1–2 m³. Dešťová voda, která by mohla výsadby zásobovat není svedena do prokořenitelného prostoru.

VLIV NA BIODIVERZITU

Více zeleně v městském prostředí a širší spektrum použitých taxonů do zvyšuje šance na přežití a prospívání mikroorganismů, rostlin a zvířat. Situaci ve městech ještě zlepšují zelené koridory propojující jednotlivé zelené plochy.



Malý nebo žádný vliv na biodiverzitu.

ULICE SE SYSTÉMEM BGG

ULICE S KONVENČNÍM SYSTÉMEM ODVODNĚNÍ

VLIV NA PROKOŘENITELNÝ PROSTOR

Systémy obsahují výsadbový substrát na bázi hrubého drceného kameniva (šterkovy výsadbový substrát), který má stabilní strukturu, jež nedegraduje zhuštěním během výstavby ani při kontaktu s posypovými solemi. To vytváří vylepšené podmínky pro růst rostlin s dobrou infiltrací srážkové vody a výměnou plynů.



Foto: Björn Embrém



Foto: Björn Embrém

V městských oblastech se obvykle nachází půdy s vysokým obsahem jílu (> 5%). Tyto půdy těžko odolávají poškození během výstavby, zejména nadměrnému zhuštění. Další negativní vliv má posypová sůl, která způsobuje rozpad půdní struktury tzv. disperzí jílovitých částic. Následkem jsou horší stanovištní podmínky s nedostatečnou výměnou plynů a nízkou infiltrací vody.

VLIV NA PŘEHŘÍVÁNÍ A ENERGIÍ

Zeleň v ulicích, zejména koruny stromů, pomáhá stíněním a odpařováním vody ochlazovat ovzduší a udržovat teplotu jen zřídka překračující 25°C. Snížení venkovních teplot a zastínění fasád omezuje potřebu vnitřní klimatizace, čímž se snižuje spotřeba energie.



Ulice bez vegetace mohou v evropských podmínkách dosáhnout teploty blízké se 50°C.

VLIV NA EKOSYSTÉMOVÉ SLUŽBY

BGG systém pozitivně ovlivňuje hned několik ekosystémových služeb. Ekosystémové služby jsou funkce, které ekosystém poskytuje a zlepšuje životní podmínky lidí a jejich blahobyt.



Žádný pozitivní dopad na ekosystémové služby.

7 Dimenzování systému

Dimenzování BGG systému se provádí na základě požadavků na systém a místních stanovištních podmínek. Systémy, které jsou navrženy pro maximální zadržování dešťové vody jsou dimenzovány odlišně než systémy uzpůsobené pro maximální čištění. Určující je také design a výběr prvků na úrovni terénu. Nejčastějšími parametry pro výpočet jsou retenční objem, rychlost průtoku, prokořenitelný objem půdy a stupeň čištění.

7.1 Návrhový průtok

Návrhový průtok je množství vody za jednotku času, které vstupuje do systému během dimenzovaného deště. Je ovlivněn jak intenzitou srážek, tak tvarem řešeného povodí. Pro výpočet návrhového průtoku je třeba znát dobu opakování a dobu trvání návrhových srážek. Obec a vodohospodáři mohou navrhnout referenční hodnoty, jinak lze pokyny najít v publikaci Swedish Water 110.

Návrhový průtok se používá k určení konstrukce komponentů BGG, které budou zapotřebí, jako je velikost a četnost vpustí, typ a velikost šachet a dimenze potrubí či ochrana proti erozi. Tok se počítá podle níže uvedeného vzorce, tzv. racionální metodou.

Náhradní intenzity dešťů byly vytvořeny na základě statistik pro různá období četnosti srážek. Křivky ukazují

nejvyšší intenzitu srážek v závislosti na době trvání a N-letosti deště (četnosti / době opakování). Publikace Swedish Water 110 obsahuje řadu křivek, které lze zobrazit. (V českém prostředí existuje např. aplikace DES_RAIN a DES_RAIN_VARIABLE od prof. Kováře z ČZU)

Velikost povodí a stupeň a způsob zpevnění okolních povrchů ovlivňují množství vody, které se dostane do systému BGG. Z tohoto důvodu používá níže uvedený vzorec koeficientu odtoku, který je měřítkem toho, nakolik povrch v povodí přispívá k povrchovému odvodnění. Velikost koeficientu se pohybuje mezi nulou a jednou, kde vyšší číslo představuje vyšší podíl odtoku. V publikaci Swedish Water Publication 110 lze najít tabulku, která obsahuje hodnoty odtokových koeficientů pro různé povrchy. (V českém prostředí jsou součinitele odtoku vedeny v normě ČSN 756101.)

Vzhledem k tomu, že statistika dešťů vychází z historických údajů, je použit klimatický faktor, který představuje koeficient očekávaného zvýšení množství srážek v důsledku změny klimatu. SMHI, švédský meteorologický a hydrologický institut, má pokyny pro hodnotu, která by měla být použita pro dimenzování zařízení pro dešťovou vodu.

Měl by být také proveden výpočet týkající se transportního průtoku v otevřené podkladní vrstvě. Chcete-li vypočítat transportní průtok, více informací najdete na "Fördröjning av dagvatten med dränerande markstensbeläggning" ze Svensk Markbetong (Švédský beton).

Racionální metoda

Návrhový průtok [l / s] = intenzita deště [l / s ha] • odvodňovaná plocha [ha] • součinitel odtoku [-] • klimatický faktor [-]

7.2 Rychlost prázdnění

Systémy BGG jsou vyvinuty tak, aby zajistily krátkodobé zadržování vody v podkladní vrstvě a zemní pláni bez poškození při zatížení dopravou. Toho se dosahuje navržením systému, který je vyprázdněn max. do 24 hodin od dimenzovaného deště, s výjimkou akumulací zóny v systému (viz část 6.2.5, s. 38 a obrázek 20, s. 42). Rychlost odtoku je určena vztahem mezi požadovanou dobou prázdnění a retenčním objemem, jakož i potenciálními požadavky na maximální (regulovaný) odtok do kanalizačních potrubí.

7.3 Retenční objem

Podzemní rýha a retenční objem průlehu jsou příklady rezervoárů pro retenci dešťové vody. Požadovaný retenční objem v systému BGG lze komplexně vypočítat metodou "rain-envelope" (envelope curve). Tato metoda vytváří požadovaný retenční objem výpočtem maximální odchylky mezi vodou tekoucí do a ze systému. Objem je upraven tak, aby počítal jak s pórovitostí otevřené podkladní vrstvy, tak se sklonem podloží.

Níže je uveden příklad, jak lze vypočítat retenční objemy v systému BGG, a to jak v podzemní rýze tak v retenční zóně průlehu. Další informace lze najít v publikacích Swedish Water P104 a P110 a také v publikaci The Rain-Envelope Method (Sjöberg 1982).

7.3.1 Příklad výpočtu: retenční objem podzemní rýhy

Sekce podzemní rýhy je dlouhá 25 m. Ulice, ve které je BGG systém umístěn, má sklon, který se opakuje i na dně podzemní rýhy. Když je daná sekce naplněna dešťovou vodou, její konec ležící nejnižší se naplní vodou více než její začátek ležící nejvýše. Na nejnižším konci má objem vody v průřezu $3,7 \text{ m}^2$. Na nejvyšším konci je příslušná plocha průřezu $2,3 \text{ m}^2$. Vzhledem k tomu, že ulice se svažuje rovnoměrně, lze v následujících výpočtech použít průměrnou hodnotu pro průřezovou plochu. Průměrná plocha průřezu se vynásobí délkou jednotky, aby se určil její objem. Podzemní rýha je vyplněna hrubým drceným kamenivem například frakce 32/63, které má 40% pórovitost. Pro retenci vody je proto k dispozici pouze tato část z celkového objemu rýhy.

$$\begin{array}{l}
 \text{délka} \cdot \frac{\text{větší plocha průřezu} + \text{nižší plocha průřezu}}{2} \cdot \text{pórovitost} = \text{retenční objem} \\
 \\
 25 \text{ m} \cdot \frac{3,7 \text{ m}^2 + 2,3 \text{ m}^2}{2} \cdot 0,4 = 30 \text{ m}^3 \\
 \\
 \text{Retenční objem v této sekci podzemní rýhy je tedy } 30 \text{ m}^3.
 \end{array}$$

7.3.2 Příklad výpočtu: retenční objem v průlehu

Průleh je dlouhý 6 m. Jeho vegetační plocha je mírně konkávní s vodorovným dnem. Retenční zóna má průměrnou průřezovou plochu 0,45 m². Pro výpočet retenčního objemu se délka vynásobí průměrnou plochou průřezu.

délka · plocha průřezu = **retenční objem**

▼

6 m · 0,45 m² = **2,7 m³**

▼

Retenční objem v průlehu je tedy **2,7 m³**.

Od tohoto objemu by měl být odečten objem faktoru bezpečnosti, jakož i objemy sedimentace a kořenů.

7.4 Velikost prokořenitelného prostoru

Výsadby velkých stromů a keřů obvykle nemají v městském prostředí dostatečný prokořenitelný prostor. Strom potřebuje prokořenit přibližně 10–30 m³ půdy/substrátu v závislosti na jeho velikosti. Při absenci odpovídajícího prokořenitelného prostoru nejsou splněny podmínky pro dosažení plné velikosti stromu a vývoj krásného, zdravého a odolného jedince. Nedostatečně připravený prokořenitelný prostor nutí strom hledat vodu a živiny mimo plochu výsadby (prosůstání pod konstrukce, do koridorů VTV apod.) nebo je příčinou špatného vývoje stromu, který se stává potenciálním rizikem pro své okolí.

7.4.1 Příklad výpočtu: prokořenitelný prostor

Ve výsadbové ploše rostou 3 stromy. Výsadbová plocha leží nad podzemní rýhou 25 m dlouhou. Kořeny stromů mohou prorůstat celou rýhou. Celkový prokořenitelný prostor je tvořen výsadbovým substrátem a objemem podzemní rýhy. Průměrná plocha průřezu pro tyto vrstvy je 3,6 m². Stromy proto mají přístup k celkovému objemu:

délka · průřezová plocha = **objem výsadbové zóny**

▼

25 m · 3,6 m² = **90 m³**

▼

V rámci systému BGG to představuje objem prokořenitelného prostoru **30 m³** na strom, který je dobře provzdušněný a je zde přístupná voda.

7.5 Účinnost čištění vody

Nejúčinnějšího čištění dešťové vody je dosaženo v průlezech s vegetačním krytem. Voda zde prochází filtrací v zemním filtru, kontaminující látky jsou vázány na drobné částice a absorbovány rostlinami a mikroorganismy. Průlehy by měly odpovídat zhruba 2–10% z celkové odvodňované plochy, tak aby měly dostatečnou kapacitu a byly ekonomicky udržitelné. Pokud jsou průlehy napojeny na souvislou podzemní rýhu, postačí 2–5% odvodňované plochy. Další čištění pak probíhá v prostoru podzemní rýhy (viz část 6.3.3).

Dosažená úroveň čištění závisí do značné míry na tom, jaké znečišťující látky jsou přítomny, jak je ulice navržena a jaká míra znečištění v daném prostoru vzniká. Kompletní dimenzování s ohledem na čištění spadá mimo rozsah této příručky. Doporučuje se však používat simulační programy, které obsahují informace o typických úrovních znečišťujících látek a schopnostech čištění. Více informací je uvedeno ve švédské příručce o vodě “Kunskapssammanställning dagvattenrening”.

10 Odkazy a zdroje

Literatura

Avledning av dag-, drän- och spillvatten. Funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem. Svenskt Vatten AB. Publikation P110. ISSN 1651-4947, 2016

Blue-Green Fingerprints In the City of Malmö, Sweden, Peter Stahre. VA SYD, 2008

Fördröjning av dagvatten med dränerande markstensbeläggning, Erik Simonsen, Svensk Markbetong, 2020

Förebyggande av rotinträngningar i VA-ledningar- utveckling av beslutsstöd. Svenskt Vatten Utveckling . Rapport 2010-04, 2010

Kunskapsammanställning dagvattenrening, Svenskt Vatten Utveckling. Rapport 2016-05, 2016

Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem, Svenskt Vatten AB. Publikation P104. ISSN 1651-4947, 2011

Regnenvelopmetoden, Sjöberg, A. et al. Chalmers Tekniska Högskola, Meddelande 64, ISSN 0347-8165, 1982

Trädrötter och ledningar - goda exempel på lösningar och samverkansformer, Svenskt Vatten . VA-Forskningsrapport nr 31, 2003

Elektronické zdroje

EU Water Framework Directive, <http://www.svenskvatten.se/globalassets/organisation-och-juridik/eu-information-om-vattenforvaltning.pdf>

Klimatsäkrade systemlösningar för urbana ytor- Ett Vinnova-projekt, <http://klimatsakradstad.se/>

Nacka kommuns Tekniska handbok, <https://www.nacka.se/underwebbar/teknisk-handbok/>

Regnbäddar, Movium Fakta 2015, http://www.movium.slu.se/system/files/news/11238/files/movium_fakta_2-2015_rangbaddarslutlig.pdf

Root zones and drainage solutions for sports lawns, Kent Fridell, <https://bluegreengrey.edges.se/article/root-zones-and-drainage-solutions-for-sports-lawns/>

Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok 2017, <https://leverantor.stockholm/entreprenad-i-stockholms-offentliga-rum/vaxtbaddshandboken/>

Water Wise Cities, https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2017/05/IWA_Brochure_Water_Wise_Communities_SW_screen.pdf

